

T

DE ECOLOGISCHE EFFECTEN VAN DE AANVOER VAN LNG IN DE EEMSHAVEN
Deel 1: Algemene aspecten, morfologie, ecologie

N.M.J.A.Dankers & K.S.Dijkema (red.)

RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
VESTIGING TEXEL
Postbus 59, 1790 AB Den Burg, Texel
tel. 02226 - 343

RIN-rapport 80/11

Biologisch Onderzoek Eems-Dollard Estuarium
Rijksinstituut voor Natuurbeheer
Texel

1980

12 0491

BIBLIOTHEEK
RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
KEMPERBERGERWEG 67
6816 RM ARNHEM-NEDERLAND

R.I.N.-RAPPORT T

LIJST VAN MEDEWERKERS:

Auteurs: L.A. Bouman (BOEDE)
F. Colijn (BOEDE)
N.M.J.A. Dankers (RIN)
K.S. Dijkema (RIN)
V.N. de Jonge (BOEDE)
R.W.P.M. Laane (BOEDE)
P.J.H. Reijnders (RIN)
C.J. Smit (RIN)

Informatie geleverd

door: M.A. van Arkel (BOEDE)
J.W. Baretta (BOEDE)
P. Ruardij (BOEDE)
M.M. Rutgers van der Loeff (RIN)
H.G.J. Schröder (BOEDE)
A. Stam (BOEDE)
P. de Wolf (BOEDE)
W.J. Wolff (RIN)

Type- en tekenwerk:

M.A. Binsbergen (RIN)
R.C. Nichols (RIN)
R. Wielinga (RIN)

Kaartreproductie: H.Hobbelink (NIOZ)

Eindredactie: N.M.J.A.Dankers (RIN)
K.S.Dijkema (RIN)

Foto: H. Hobbelink, NIOZ Texel

INHOUD

1	INLEIDING	1
2	BESCHRIJVING VAN HET GEBIED	2
2.1	Morfologie	2
2.1.1	Inleiding	2
2.1.2	Landschapsvormen	2
2.1.3	Morfologie van het buitengebied	5
2.1.3.1	Inleiding	5
2.1.3.2	Westereems - Huibertgat	5
2.1.3.3	Hubertfahrt	7
2.1.3.4	Borkum tot Eemshaven	9
2.2	Hydrografie (zie ook deel 2)	10
2.3	Ecologische aspecten van het Eems-estuarium	12
2.3.1	Inleiding	12
2.3.2	Primaire producenten	14
2.3.2.1	Het phytoplankton	14
2.3.2.2	De soortensamenstelling van het phytoplankton	17
2.3.2.3	Het belang van de primaire produktie door het phytoplankton in het buitengebied	17
2.3.3	Secundaire producenten	18
2.3.3.1	Zoöplankton	18
2.3.3.2	Zoöbenthos	19
2.3.3.3	Vissen	22
2.3.3.4	Vogels	24
2.3.3.4.1	Inleiding	24
2.3.3.4.2	Wadvogels	24
2.3.3.4.3	Broedvogels van de eilanden	29
2.3.3.5	Zeehonden	31
2.3.3.5.1	Inleiding	31
2.3.3.5.2	Verspreiding	31
2.3.3.5.3	Aantallen	32
2.3.3.5.4	Migratie	33
2.3.3.5.5	De betekenis van het Eemsestuarium in relatie tot de rest van het westelijk waddengebied	34
3	VOORGENOMEN HANDELING	35
3.1	LNG installatie	35
3.2	Haven- en baggerwerken	36
4	EFFECTEN	40
4.1	Inleiding	40
4.2	Primaire fysische en chemische effecten	40
4.3	Secundaire en biologische effecten	47
5	SAMENVATTING EN CONCLUSIES	56
6	LITERATUUR	58

1 INLEIDING

De Gasunie heeft het plan in Nederland vloeibaar aardgas aan te voeren. De Nederlandse regering heeft de Eemshaven als aanvoerhaven aangewezen. Wegens de natuurwetenschappelijke waarde van de Waddenzee (Planologische Kernbeslissing Waddenzee) is het noodzakelijk de eventuele ecologische effecten van aanvoer en opnieuw gasvormig maken nader te bestuderen, zodat deze getoetst kunnen worden aan de doelstelling en beleidslijnen zoals neergelegd in de "Nota over de hoofdlijnen van de ontwikkeling van de Waddenzee". Bovendien is tussen Nederland en Duitsland het Eemsverdrag gesloten. Dit houdt in dat over alle grootschalige nautische en industriële ontwikkelingen in het gebied onderling overleg gevoerd moet worden.

In een rapportage van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN) van april 1978 werd reeds aandacht geschonken aan de mogelijke nadelige gevolgen van de geplande ontwikkelingen. In januari 1980 werd door de Duitse onderhandelaren aangedrongen op een diepgaande ecologische studie over de effecten van de aanlanding van LNG. Op 17 maart 1980 ontving het RIN bij brief nr NBOR/D-2156 het verzoek van het Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk werk deze ecologische studie uit te voeren. De studie zou zich vooral moeten richten op gevolgen van baggerwerkzaamheden, de daarmee samenhangende toename van de troebelings- en de ecologische gevolgen hiervan.

Recente natuurwetenschappelijke informatie over het aquatische ecosysteem van het Eemsestuarium berust grotendeels bij de werkgroep Biologisch Onderzoek Eems-Dollard Estuarium (BOEDE). Het RIN heeft daarom het BOEDE verzocht aan deze rapportage mede te werken, zodat het voorliggende rapport een gezamenlijk BOEDE-RIN rapport is geworden. De medewerking die de samenstellers hebben ondervonden van de zijde van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) mag niet onvermeld blijven.

Aangezien onderzoek naar de effecten van troebelings- en een voorspelling van de te verwachten toename van troebelings- meerder jaren in beslag zouden nemen, werd aan Rijkswaterstaat verzocht de te verwachten toename indien mogelijk te kwantificeren via een combinatie van studies aan de hand van reeds verricht modelonderzoek (RWS) en een onderzoek naar de toename van troebelings- gekoppeld aan de baggerintensiteit in het gebied (BOEDE).

In dit rapport worden alleen effecten besproken van werkzaamheden welke samenhangen met de aanvoer en verwerking van LNG. Bekend is dat op hetzelfde terrein waarschijnlijk een kolenvergassingsinstallatie gebouwd zal worden. Op de milieu-aspecten daarvan wordt hier niet ingegaan. Indien echter een duidelijke koppeling met LNG-verwerking aanwezig is, wordt dit genoemd, vooral wanneer de milieu-effecten van de LNG-terminal hierdoor beïnvloed worden. Bij kwantificering van de effecten van LNG aanlanding worden echter de milieu-effecten van de LNG-terminal op zichzelf bekeken, zonder de invloed van de kolenvergasser of eventuele andere volgas-industrieën.

Een uitgebreide beschrijving van de hydrografie van het Eemsestuarium, de mogelijke veranderingen daarin en de mogelijke ecologische effecten van die veranderingen, wordt in een nog te verschijnen tweede deel van dit rapport gegeven.

2 BESCHRIJVING VAN HET GEBIED

2.1 MORFOLOGIE

2.1.1 Inleiding

Het Eems-Dollard gebied is een estuarium. Dat is een trechtervormige riviermond, waarin de getijbeweging en rivierafvoer voor een dynamisch karakter zorgen. Het getijbekken van de Eems wordt begrensd door de wantijen van Uithuizen naar Rottumeroog en van Pilsum naar Borkum en omvat 520 km^2 , waarvan de Dollard 100 km^2 uitmaakt. De gemiddelde getijamplitude neemt toe van 2,25 m bij Borkum tot 3 m in de Dollard. Voor de morfologie van het Eems-Dollard estuarium is de rivierafvoer van de Eems slechts van ondergeschikte betekenis. Tegenover een getijvolume van $1000 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ tussen Rottumeroog en Borkum en nog $117 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ voor de Dollard staat slechts ca. $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ voor de Eems bij Emden, waarvan ca. $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ voor rekening van de rivierafvoer komt. De omvang van de geulen in het Eems-Dollard estuarium wordt dus in hoofdzaak bepaald door de aangrenzende wadgebieden en de Dollard en niet door de rivier de Eems.

In dit rapport wordt het Eemsestuarium onderverdeeld in drie deelgebieden. Het buitengebied ligt zeewaarts van de lijn Eemshavencentrale - Pilsum, het middengebied gaat tot de lijn Punt van Reide - Knock en het binnengebied bestaat uit de Dollard en het vaarwater naar Emden.

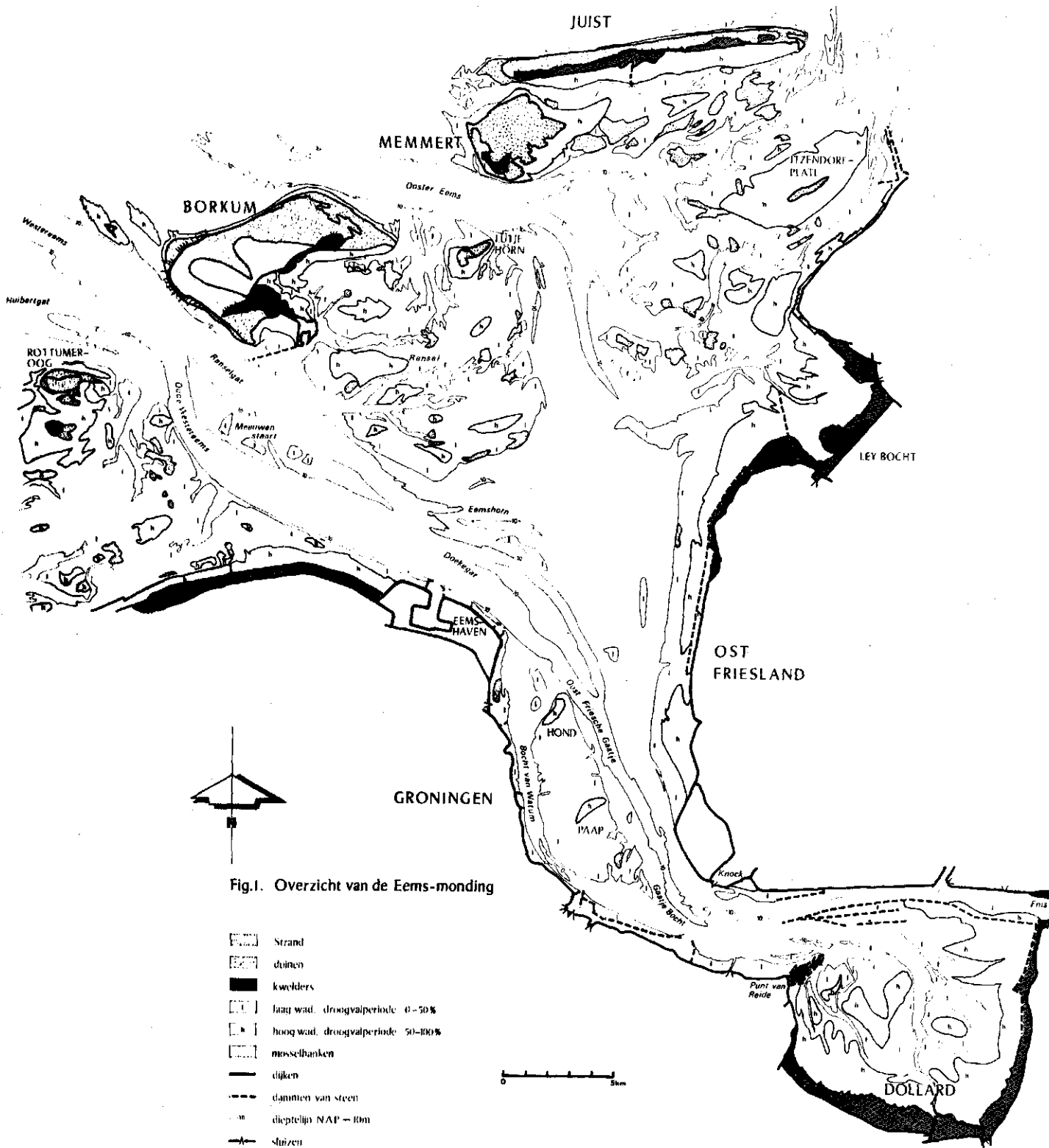
In dit hoofdstuk wordt een overzicht van de landschapsvormen in het Eems-Dollard gebied gegeven en vervolgens wordt ingegaan op de structuur en dynamiek van het buitengebied.

2.1.2 Landschapsvormen

In het waddenzeegebied wordt van de Noordzee naar de vastelandskust de volgende zonering in het landschap aangetroffen:

1. Een zone barrière-eilanden met duinen en kwelders, afgewisseld door zeegaten met een buitendelta bestaande uit banken doorsneden door geulen ("Riffbogen").
2. Het getij-landschap met geulen, prielen en platen, opgebouwd uit een serie getijbekkens die corresponderen met de zeegaten. De grens met de eilanden en vastelandskust wordt vaak gevormd door kwelders.
3. De vastelandskust, geheel in cultuur gebracht en bestaande uit achtereenvolgens ingepolderde kwelders, veen- en hoger gelegen pleistocene gebieden. Estuaria, o.a. van de Eems, vormen een overgang tussen 2 en 3.

In fig. 1 wordt een overzicht gegeven van de landschappen in het Eems-Dollard gebied. Het invloedsgebied van de aangrenzende getijbekkens is ook gedeeltelijk opgenomen.



Aan de zeezijde van het gebied liggen de barrière-eilanden Rottumerplaat, Rottumeroog met de Zuiderduintjes, Borkum, Lütje Hörn, Memmert en Juist. Ze zijn opgebouwd uit duinen aan de geëxponeerde Noordzeezijde en kwelders (op Borkum grotendeels ingedijkt) aan de beschutte wadzijde, op Lütje Hörn slechts als primaire stadia. De eilanden zijn holocene vormingen door water, wind en plantengroei. In samenhang met de getijstromen en het van west naar oost gerichte zandtransport voorlangs de eilanden vinden er morfologische veranderingen van de eilanden, zeegaten en buitendelta's plaats. Dit wordt bijvoorbeeld geïllustreerd door de zuidoostelijke verplaatsing van Rottumeroog. Aan de noordwestzijde van Borkum zijn vanaf 1869 sterke kustverdedigingswerken gebouwd, die voor dit eiland dat proces hebben gestopt, maar bijdragen aan het verder verdwijnen van Rottumeroog. Op Borkum heeft het Hoog Rif zich onlangs met het eiland verbonden.

Het kaartbeeld van het getij-landschap wordt gedomineerd door de grote geulenstelsels van de Westereems en Oostereems. Daarin zijn grote delen beneden NAP -10 m gelegen, tot tamelijk dicht bij de kust. Tot het begin van de 19e eeuw vormde de Oostereems een belangrijke geul in het mondingsgebied van de Eems. De Westereems en de Oostereems hebben voor het Pilsumer Watt ook nu nog een brede verbinding beneden de gemiddelde laagwaterlijn. Daarin bevindt zich nu een hydraulisch en morfologisch wantij, dat van Borkum naar Pilsum verloopt. Tussen Pogum en Knock wordt de Eems kunstmatig gereguleerd door het Geiseleitwerk.

De Eemsmonding wordt voorbij Knock gekenmerkt door een serie stroomsplitsingen ("Mäanderbogen" en "Gats") met zandplaten ertussen: 1. Oostfriesche Gaatje, gescheiden van de Bocht van Watum door de Paap en de Hond; 2. Eemshorngat, Vaarwater door de Eemshorn, Doekegat-Oostgeul en Doekegat-Westgeul met de Eemshornplaat en de Doekegatplaat; 3. Oude Westereems en Ranselgat met de Meeuwenstaart; 4. Westereems en Huibertgat met Rottumbult-Ballonplaat-Huibertplaat.

Op de wantijen tussen de grote geulenstelsels en langs de kust liggen uitgestrekte platengebieden die bij laagwater droogvallen. Op de kaart zijn de hoogste platen (meer dan 50% droogvaltijd) apart aangegeven. Deze liggen aan de wadzijde van de eilanden, plaatselijk op de wantijgebieden, Paap - Hond en langs de kust en in uitgestrekte delen van de Leybucht en de Dollard. Vanuit de hoofdgeulen dringen geulen de platengebieden binnen, waar ze zich vertakken en uiteindelijk als prielen doodlopen nabij de wantijen of de kust. Op de platen liggen plaatselijk mosselbanken, vaak in de nabijheid van de uitlopers van de geulen. In de Dollard worden ze niet aangetroffen.

De sedimenten van de platen bestaan in het buiten- en middegebied in hoofdzaak uit zand. Alleen langs de beschutte zuidzijde van de eilanden en in de nabijheid van mosselbanken worden plaatselijk zwaardere sedimenten (slikkig zand of slik) aangetroffen. Duidelijk zwaarder wordt de sediment-samenstelling langs de vastelandskust en vooral in de inhammen Leybucht en Dollard. Daar vinden we slikkig zand en slik van een zwaarte die op het open wad nauwelijks aangetroffen wordt (tot meer dan 25% lutum).

Langs de randen van het getij-landschap liggen een aantal kweldergebieden met een natuurlijke vegetatie bestaande uit zoutplanten. De eilandkwelders zijn over het algemeen zandiger dan die van de vastelandskust, terwijl de kwelders in de Leybucht en vooral de Dollard tot de kleiigste in het Waddengebied behoren. Ook hier neemt het fijne sediment naar binnen dus toe.

Het Eems-Dollard gebied wordt aan de vastelandskust geheel omgrensd door een holoceen polderlandschap. De holoceene afzettingen zijn 5 tot 20 m dik. In de diepere geulen van het Eemsestuarium (Ranselgat) komen hier en daar pleistocene lagen bestaande uit keileem aan de bodemoppervlakte.

2.1.3 Morfologie van het buitengebied

2.1.3.1 Inleiding

Fig. 2 geeft een overzicht van de geulen en platen in het buitengebied van het Eemsestuarium. Het morfologische beeld wordt bepaald door het Huibertgat en Ranselgat als vloedgeulen en Westereems en Oude Westereems als ebgeulen, gescheiden door de platen Rottumerbult - Ballonplaat - Huibertplaat - Meeuwenstaart. Deze geulsystemen hebben voor Borkum en voor de Eemshaven verbinding met elkaar. Zuidoostelijker liggen drie tot vier meanderbogen met daartussengelegen banken van het Doekegat en de Eemshorn.

Hieronder worden voor het buitengebied een aantal bevindingen uit het rapport "Die morphologische Entwicklung der Aussenems vom Dukegat bis zur See" van de Bundesanstalt für Wasserbau (Samu, 1979) samengevat.

2.1.3.2 Westereems - Huibertgat

Dit geulensysteem is het meest stabiele van de Eemsmonding gebleken, waarbij het Huibertgat ca. 2 m dieper is dan de Westereems. Bij de uitertonnen treedt een delta-effekt op (fig. 2). Na uitgebreide baggeractiviteiten op deze plaats in het Huibertgat in de jaren 1969 tot 1972 (tabel 1) is de geul op de voor scheepvaart gewenste diepte gebleven. De Westereems wordt zeewaarts breder ten koste van de Geldzakplaat en het Hoog Rif. Tussen de tonnen 12 en 14 in het Huibertgat werd baggerspecie gestort, waardoor een kunstmatig plaatvormig lichaam in de geul is ontstaan.

Hoe hoger deze plaat werd, des te meer van het gestorte sediment door het water werd afgevoerd.

De ondergrond in dit deel van het estuarium bestaat overwegend uit middelfijne en zeer fijne zanden (vooral 105-210 μ m) met een laag percentage slib (Rijks Geologische Dienst, 1973).

Gebiet	Tonne	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	Σ
Dukegat	34-38	141	160	60	-	740	1135	137	-	57	578	2910*	3302
	30-34	275	443	94	-	10	14	-	-	-	-	870*	923
Randselgat	28-30	187	248	137	316	545	53	302	69	-	-	-	1857
	28-30	-	-	-	-	-	-	-	-	231*	50*	-	794
	20-28	-	-	-	-	-	-	-	-	5063*	1819	5620*	7455
Alte Ems	A14-A31	-	249	32	-	-	-	-	-	-	-	-	281
	A10-A14	-	-	-	-	-	4837	672	-	-	-	220	5729
	A4-A10	-	-	-	1284	2237	1322	1856	2528	812	-	-	10039
Hubertgat	H14-H16	8	184	415	-	-	-	-	-	399	-	6960	1682
	H12-A1	-	-	-	1601	1457	877	-	-	-	-	-	3935
	H14-Möwensteert	-	-	-	-	-	-	1053	1000	-	-	-	2053
	H10-H14	-	-	-	-	-	-	14	-	104	270	-	383
	H6-H10	-	668	240	986	1077	-	-	-	-	65	-	3036
	H2-H6	218	996	483	1808	4950	152	-	-	-	416	98	9101
		829	2928	1441	5995	11016	8390	4034	3597	6813	3567	1965	50575
Verklapte Baggermenge													
Tonne 7				3862	1228	-	-	-	-	-	-	-	
Tonne 5-8				-	3473	4983	8176	3688	3462	1354	-	-	

Angaben in 1000 m³ Schutenmaß
 * Sandgewinnung
 * Durchbaggerung der Fahrrinne

Tabel 1. Overzicht van de hoeveelheden gebaggerd materiaal en gestorte baggerspecie in het buitengebied tussen 1968 en 1978. Zie voor de ligging van de tonnen figuur 2. Naar Samu, 1979.

2.1.3.3 Hubertfahrt

Tussen het Huibertgat en het Ranselgat loopt een smalle verbinding, de Hubertfahrt. Het gebied van deze verbinding is aan grote veranderingen onderhevig door de periodieke vorming, afsplitsing van het nederlandse wad en versmelting met de Huibertplaat van de Horsbornplaat. Figuur 3 geeft dit proces schematisch weer. De periode van het gehele proces is op ca. 25 jaar bepaald. In de eerste fase van 10 - 12 jaar, die juist heeft plaatsgevonden, voltrekt zich een snelle opbouw van de Horsbornplaat, waarbij het Huibertgat en de Oude Westereems versmallen en het Horsborngat (vloedgeul) en een dwarsverbinding in de Meeuwenstaart ontstaan. In de evenlange tweede fase versmelten de Huibert- en Horsbornplaat langzaam en verdwijnt de dwarsverbinding weer. In deze tweede fase zit momenteel weinig voortgang en een afbraak of stabilisering van de Horsbornplaat wordt door de Bundesanstalt niet onwaarschijnlijk geacht.

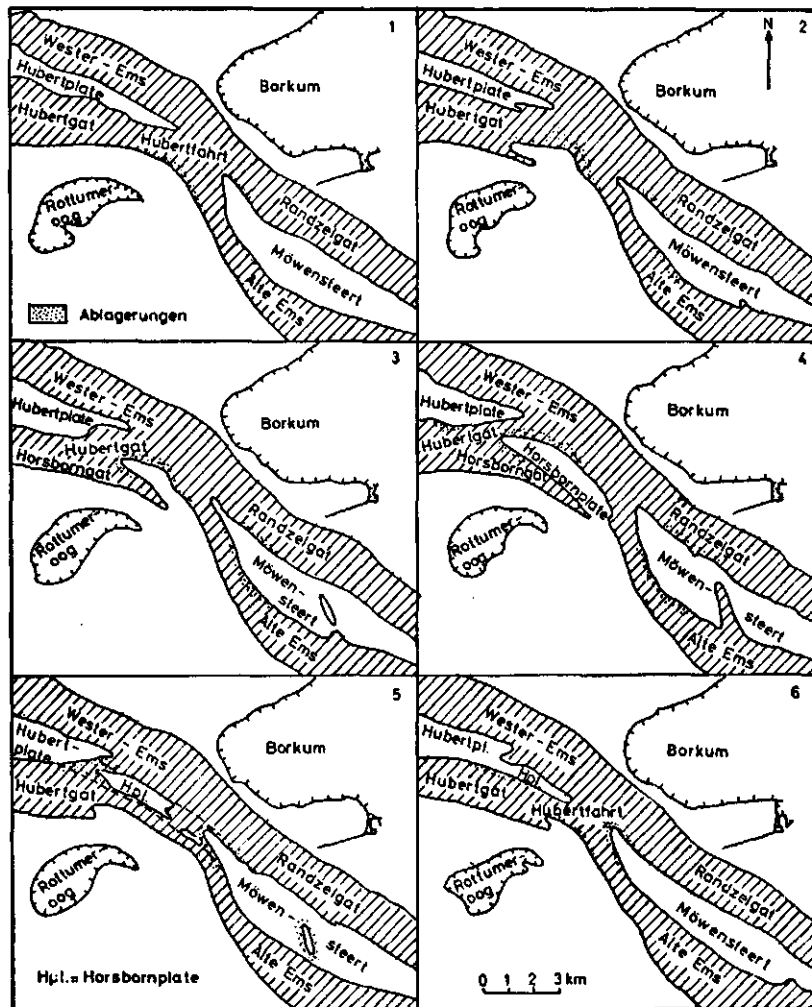


Fig. 3. Schematische weergave van de periodieke vorming van de Horsbornplaat. Naar Samu, 1979.

Om voldoende diepte in de Hubertfahrt te handhaven moet in de vaargeul voortdurend gebaggerd worden (tabel 1). Ondanks de grote hoeveelheden uitgebaggerd sediment neemt de verzanding vanuit de Horsbornplaat toe. De Bundesanstalt verwacht dat deze verzanding door grote baggerinspanningen kan worden bijgehouden.

2.1.3.4 Borkum tot Eemshaven

Het Ranselgat heeft bij Borkum een brede monding en is aan de landzijde vernauwd door de aanwezigheid van een pleistocene keileemrug, die van de Meeuwenstaart naar de Eemshornplaat loopt. Daardoor is het Ranselgat morfologisch te karakteriseren als een vloedgeul. De Oude Westereems is een ebgeul blijkens de brede opening aan de landzijde en een nauwer profiel aan de zeezijde. Bij vloed worden door deze geulenopbouw grote hoeveelheden water van het Ranselgat over de Meeuwenstaart naar de Oude Westereems gestuurd, bij eb (iets kleinere hoeveelheden) in omgekeerde richting. Door de groeiende Horsbornplaat wordt de vanuit het Huibertgat de Oude Westereems instromende vloed steeds meer op de noordkant van de Meeuwenstaart gericht. Daar vindt erosie plaats (op de dwarsverbinding in de Meeuwenstaart na de grootste gemeten erosie in het estuarium). Het beschikbaar gekomen sediment zorgt voor een vernauwing van de Oude Westereems en het Ranselgat aan de zeezijde en in samenhang daarmee ontstaat er een centrale zandplaat in het brede zuidelijke deel van de Oude Westereems. Het diepere deel van het Ranselgat is opmerkelijk stabiel (fig. 2).

Van de meanderbogen bij het Doekegat en de Eemshorn neemt de Doekegat - Westgeul in omvang toe ten koste van de Doeke-Oostgeul en het vaarwater door de Eemshorn, waarbij de Doekegatplaat en de Eemshornplaat naar het noorden schuiven.

In dit deel van het estuarium komt tamelijk dicht onder de oppervlakte keileem voor. In het Ranselgat bij ton 22 en op de overgang van Ranselgat naar Doekegat (voor de Eemshaven) komen keileemopduikingen voor op ongeveer NAP - 11,50 m. De overige afzettingen bestaan overwegend uit middelfijne en zeer fijne zanden en voor de Eemshaven uit kleiige sedimenten, silt en zeer fijn zand (Rijks Geologische Dienst, 1973).

In 1976 is door Duitsland de keileemrug in de zuidzijde van het Ranselgat doorgebaggerd tot 12,60 m onder GSW. Sindsdien vindt hier tussen de tonnen 27 en 29 een sterke erosie in de diepte plaats. Hierdoor kan de Oude Westereems als ebgeul aan betekenis gaan verliezen, maar het zal naar verwachting van de Bundesanstalt geen dode zijarm worden. De hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk in het buitengebied van het estuarium is door deze ingreep verminderd (tabel 1). Deze kunstmatig gestimuleerde ontwikkeling komt overeen met de natuurlijke tendens die vanaf de eerste helft van de 19e eeuw in de Eemsmonding wordt waargenomen: de ebgeulen ("Bogen") verzanden en de vloedgeulen ("Gats") eroderen.

In dit hoofdstuk wordt slechts een zeer beknopte karakterisering van de hydrografie van het Eems-Dollard estuarium gegeven. Een uitvoeriger hydrografische beschrijving met meer en ook kwantitatieve gegevens over o.a. waterbeweging en wateruitwisseling, zwevende stof en troebeling verschijnt als deel 2 van dit rapport.

Een estuarium ligt op de grens van land en zee. Het meest duidelijk blijkt dat uit het zoutgehalte, dat van rivier naar zee geleidelijk toeneemt. Fig. 4 geeft een gemiddelde situatie weer, die in werkelijkheid natuurlijk niet bestaat, aangezien getij en seizoen verschuivingen veroorzaken. In het buitengebied heersen echter vrijwel voortdurend mariene omstandigheden (euhalinium en polyhalinium).

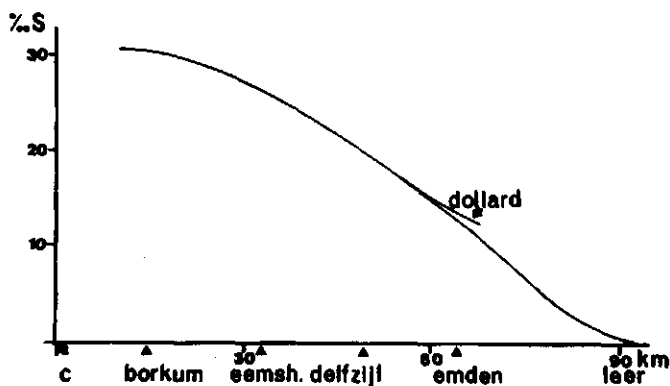


Fig. 4. Zoutgehalte langs de lengteas van het Eems-Dollard estuarium. Gemiddeld beeld over de jaren 1975 en 1976. Naar de Jonge, 1979.

Het getij speelt een belangrijke rol in een estuarium. In de diepe geulen in het buitengebied heersen sterke waterstromen, tot $2,5 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$. Verder stroomopwaarts en kustwaarts ontstaat een zich steeds fijner vertakkend netwerk van ondieper wordende geulen met lagere stroomsnelheden, gepaard gaande met een afname van de korrelgrootte van het sediment in het water en op de bodem. Verder wordt de waterdiepte geringer, waardoor het wadoppervlak dat tijdens laagwater droogvalt (40% voor het gehele estuarium) sterk toeneemt, tot 80% in de Dollard. Daardoor worden de water- en wadtemperaturen stroomopwaarts sterker beïnvloed door de weersgesteldheid. Tabel 2 geeft een overzicht van de getijvolumina en -amplitudes op een aantal plaatsen in het estuarium. Het getijvolume van het buitengebied bedraagt 60% van het gehele estuarium. Daarnaast is er een relatief geringe wateruitwisseling over de wantijen met het Groninger en Oostfrieze wad. Deze wateruitwisseling neemt met toenemende windkracht toe in de richting van de wind, maar neemt onafhankelijk van de wind ook bij springtij toe (BAW, 1980).

	getijamplitude in m	getijvolume in $m^3 \cdot 10^6$
Borkum	2,25	1000
Ranselgat noord	2,30	617
Oude Westereems noord	2,30	356
Eemshaven zuid	2,60	400
Knock	2,80	210
Groote Gat ingang	2,95	117
Emder Vaarwater ingang	2,95	67
Pogum	3,00	35

Tabel 2. Gemiddelde getijamplitudes en - volumina op een aantal plaatsen in het estuarium. Bewerkt naar gegevens van Rijkswaterstaat, Delfzijl.

Estuaria zijn rijk aan opgeloste en zwevende voedingsstoffen. De concentraties van de opgeloste nutriënten reactief silicium, orthofosfaat (PO_4-P), ammonium (NH_4-N) en nitraat (NO_3-N) nemen gemiddeld over het jaar en het getij gezien stroomopwaarts toe (fig. 5; De Jonge, 1979). De totale zwevende stof concentratie (en daarmee de troebelings) neemt in het estuarium ook stroomopwaarts toe, van 19 mg.l^{-1} bij Borkum tot 280 mg.l^{-1} op de Ems tussen Emden en Leer (De Jonge, 1979). Daarmee neemt de lichtdoordringing in het water stroomopwaarts sterk af (zie ook 2.3.2.1).

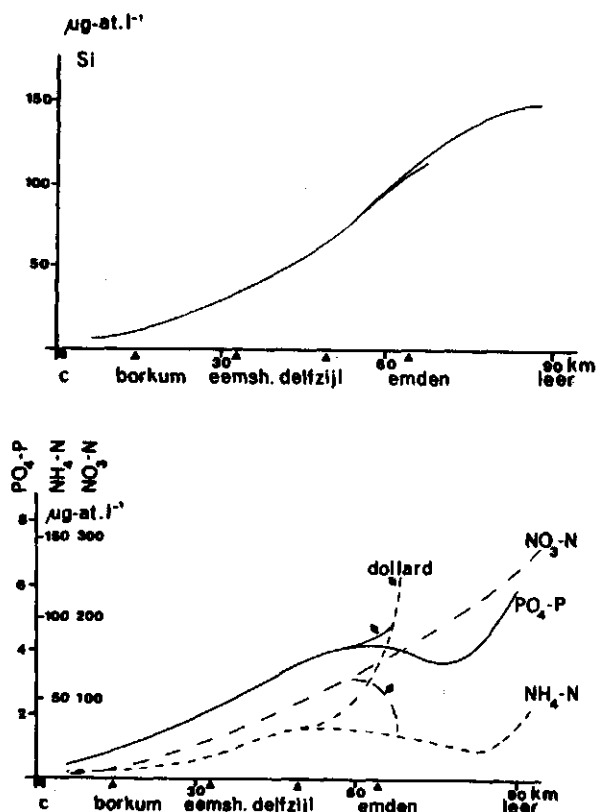


Fig. 5. Gehaltes aan reactief silicium, orthofosfaat, nitraat en ammonium langs de lengteas van het Eems-Dollard estuarium. Gemiddeld beeld over de jaren 1975 en 1976. Naar de Jonge, 1979.

2.3 ECOLOGISCHE ASPECTEN VAN HET EEMS-ESTUARIUM

2.3.1 Inleiding

In een estuarium komt een groot aantal verschillende soorten organismen voor, allen met een verschillende levenscyclus, verschillende eisen aan het milieu enz. Uitsluitend terwille van de overzichtelijkheid zijn de soorten in groepen samengevat.

Tussen de verschillende groepen organismen in een estuarium bestaan bepaalde relaties, die op een vereenvoudigde, maar overzichtelijke, manier in een voedselweb schematisch kunnen worden weergegeven (fig. 6).

Binnen dit voedselweb kan een verdeling tussen primaire en secundaire producenten worden aangebracht.

De primaire producenten, waartoe alle plantaardige organismen behoren, leggen de energie uit het zonlicht in levende stof vast. De secundaire producenten, waartoe alle dierlijke organismen behoren, voeden zich uitsluitend met reeds bestaande organische stof, die zowel van planten als van dieren afkomstig kan zijn. Bacteriën, die zelf op detritus (= dood organisch materiaal) leven, zijn voor ongewervelde dieren vaak een belangrijke voedselbron.

In een estuarium is de opbrengst van de primaire producenten meestal niet direkt van belang voor de mens, maar via de voedselketen draagt de primaire productie bij tot de talrijkheid van dierlijke organismen als vissen en vogels.

In dit rapport is niet getracht om een sluitend energie- of materiebudget voor het ecosysteem in het Eemsestuarium samen te stellen. In de beschrijving worden achtereenvolgens groepen organismen behandeld, waarbij naast de verspreiding over het gebied nog twee parameters van belang zijn, n.l. hun biomassa en productie.

De biomassa is de hoeveelheid levende organische stof, die aanwezig is. De biomassa wordt voor de in dit rapport behandelde plantaardige organismen uitgedrukt in gewichtseenheid chlorofyll a per oppervlakte- of volume-eenheid, terwijl de biomassa van dierlijke organismen in gewichtseenheid droge stof per oppervlakte- of volume-eenheid wordt uitgedrukt.

De productie is de hoeveelheid levende organische stof, die door een groep organismen per tijdseenheid wordt gevormd. Voor plantaardige organismen wordt de productie in dit rapport als gewichtseenheid koolstof (C) per oppervlakte- of volume-eenheid uitgedrukt, terwijl de productie van dierlijke organismen uitgedrukt wordt als gewichtseenheid droge of organische stof per oppervlakte- of volume-eenheid per tijdseenheid of omgerekend naar gewichtseenheid koolstof (C) per oppervlakte- of volume-eenheid per tijdseenheid.

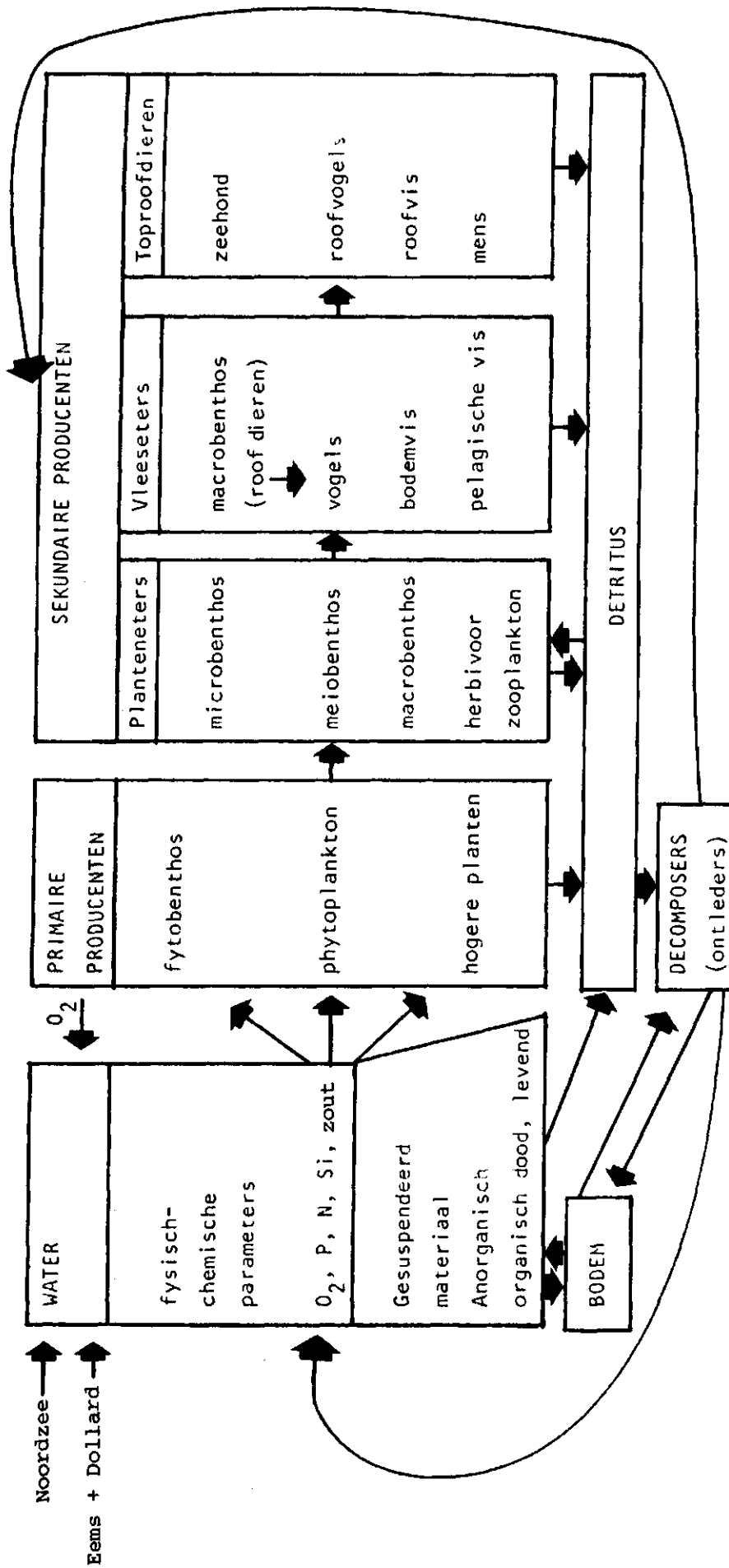


Fig. 6. Het voedselweb.

2.3.2 Primaire producenten

In het ecosysteem van het Eemsestuarium vindt onder invloed van het licht het proces van de fotosynthese plaats. Het resultaat van dit proces vatten we samen onder de term primaire produktie, die gedefinieerd wordt als de hoeveelheid organische koolstof die per tijdseenheid en per oppervlakte-eenheid/of volume-eenheid gevormd wordt. Behalve licht is voor de primaire produktie de aanwezigheid van water, koolzuur en een aantal nutriënten zoals stikstof, fosfor- en siliciumzouten noodzakelijk. Het primaire produktieproces vindt uitsluitend plaats door plantencellen, die chlorophyl en/of andere pigmenten bevatten. In het Eemsestuarium vindt de primaire produktie plaats in het water, en op de bodem van bij laagwater droogvallende platen. Tevens vindt primaire produktie plaats door hogere planten op de kwelders. De in het water zwevende, vaak ééncellige algen noemen we het phytoplankton, de op de bodem levende planten het phytobenthos. Deze laatste categorie kunnen we nog onderverdelen in de ééncellige algen, het microphytobenthos en de grotere macroscopische planten, het macrophytobenthos. Het belang van de primaire producenten is evident: ze vormen het voedsel voor plantenetend of herbivoor zoöplankton en voor filtrerende bodembewoners. Bij afsterven vormen ze detritus, dat ten dele direct gegeten wordt en verder door bacteriën wordt afgebroken.

2.3.2.1 Het phytoplankton

De primaire produktie van het phytoplankton werd in 1972/1973 door Cadée & Hegeman (1974) in het Eemsmondgebied gemeten. De afgelopen jaren (1976-1980) werden metingen aan de primaire produktie verricht door Colijn (1979, en ongepubliceerd) in het kader van het BOEDE-onderzoek. Door Ludden (1980) werden berekeningen verricht met behulp van een rekenmodel, gebaseerd op het werk van Fee (1973). De resultaten van deze onderzoekingen staan samengevat in tabel 3.

Buitengebied Eems-Dollard estuarium	300-400
Middengebied " " "	100-150
Dollard	60-80
Westelijke Waddenzee (Cadée & Hegeman, 1974; 1979)	200
Oostelijke Waddenzee "	240
Noordzee (Gieskes)	180-250

Tabel 3. Particulare primaire produktie in $\text{g C.m}^{-2}.\text{jaar}^{-1}$.

De vorming van deze organische stof door middel van de primaire produktie is slechts een deel van de aanvoer van organische stof in het Eems-Dollard estuarium. Van buitenaf vindt transport plaats vanuit de Noordzee, de Eems en de Westerwoldse Aa. Enkele schattingen hierover zullen worden gegeven in deel 2 van dit rapport.

Niet alleen de absolute grootte van de toevoer is hierbij van belang voor primaire consumenten, maar ook de kwaliteit. Immers de voedselwaarde van veendeeltjes staat in geen verhouding tot die van "vers" phytoplankton, en is veel lager.

Uit de analyse van de primaire productiecijfers (Ludden, 1980; Colijn, ongepubliceerd) blijkt dat de primaire productie in het Eems estuarium nauw gecorreleerd is met de lichtdoordringing in het water. Resultaten van metingen aan de lichtdoordringing met behulp van een Secchi-schijf (Cadée & Hegeman, 1974) en met behulp van een onderwaterlichtmeter (Colijn, in voorbereiding) wijzen erop dat in het estuarium een sterke gradient in de photische laag (laag begrensd door de diepte waarop nog juist voldoende licht doordringt om een netto primaire productie te hebben) aanwezig is. Wanneer we deze photische diepte definiëren als de diepte waarop nog 1% van het opvallende licht doordringt, bedraagt deze diepte ter hoogte van Borkum gemiddeld 3,7 m, ter hoogte van Delfzijl 1,1 m en in de Dollard en op de Eems 0,7 m (waarden over 1976-1979). Deze grote verschillen zijn de verklaring voor de in tabel 3 gegeven productie gradient. Deze conclusie wordt ondersteund door de volgende waarnemingen: Wanneer metingen aan de photosynthese verricht worden in afhankelijkheid van de lichtintensiteit dan vinden we voor phytoplankton in het buitengebied, het middengebied en de Dollard nagenoeg dezelfde relatie. Een tweede waarneming is dat de hoeveelheid phytoplankton in het estuarium geen grote verschillen vertoont, behalve in de Dollard, waar in het algemeen hogere tot veel hogere waarden gevonden zijn. Recente waarnemingen wijzen duidelijk op het belang van suspendering van benthische diatomeeën.

Zoals uit 2.2 blijkt wordt de gevonden troebelheidsgradient veroorzaakt door het naar binnen toe hoger worden van het slibgehalte. Er is dan ook een goede lineaire correlatie gevonden tussen het gemiddelde slibgehalte en de gemiddelde lichtdoordringing in het estuarium. Op de mogelijke effecten van een verhoogd slibgehalte op de primaire productie zal in 4.3 uitvoerig worden teruggekomen.

De regulatie van de primaire productie vindt behalve door het licht nog door een aantal andere (a)biotische factoren plaats: temperatuur, concentratie aan nutriënten, zoutgehalte, turbulentie en golfslag. De invloed van de temperatuur is duidelijk meetbaar wanneer we de maximale productie (P_{max}) bekijken (Ludden, 1980): in augustus en september worden de hoogste waarden bereikt. De verdeling van de totale instraling en de temperatuur zijn twee factoren die tot een sterk seizoensgebonden verloop in de primaire productie aanleiding geven: in april begint de productie toe te nemen, waarna eind mei - begin juni de hoogste dichtheden gevonden worden. De productie vertoont een maximum in mei - juni en valt dan snel terug naar lage waarden. De gehele jaarproductie wordt voor het overgrote deel in een korte periode van 2 à 3 maanden gevormd (fig. 7).

Uit drijfverexperimenten is gebleken, dat het getij opwerking van slibdeeltjes tot gevolg heeft. Dit resulteert in een getijde afhankelijke variatie in de lichtdoordringing in het water. Circa 1 uur na kentering is de troebelheid in het water minimaal, terwijl bij maximale stroomsnelheden de troebelheid

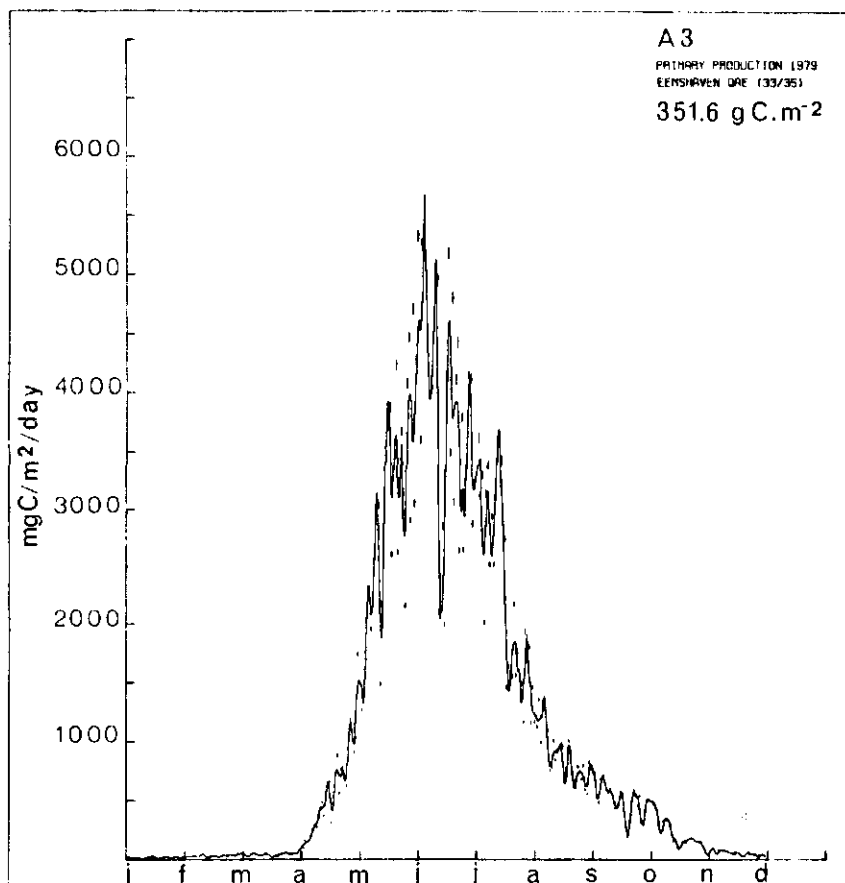


Fig. 7. Primaire productie in 1979.

het hoogst is (zie ook Postma, 1961). Opvallend is dat ondanks de geringe stroomsnelheden rond kentering geen uitzakking van phytoplankton geconstateerd kon worden. In het algemeen nemen we aan, dat het phytoplankton homogeen verdeeld is over de waterkolom. In hoeverre de turbulentie de primaire produktie direkt beïnvloed is onbekend. Aangenomen wordt, dat de waterbeweging voortdurend groot genoeg is om maximale produktie mogelijk te maken.

De nutriënten, zoals fosfaten (PO_4^{3-}), stikstfverbindingen (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-) en silicaten (SiO_4^{4-}), die voor het phytoplankton van groot belang zijn, zijn in het Eems-Dollard in het algemeen in voldoende hoge concentraties aanwezig om een maximale groei mogelijk te maken. Wel zijn grote concentratieverschillen in het Eems-Dollard estuarium aanwezig. In hoeverre gedurende korte tijd toch nutriënten beperkend worden voor de groei is nog onbekend. Opvallend is wel, dat de silicaatconcentratie laag is aan het eind van de voorjaarsopbloei van diatomeeën. Er treedt dan ook gewoonlijk een successie op in het plankton naar andere soorten, zoals *Phaeocystis* sp., die geen kiezelskelet bezitten.

2.3.2.2 De soortensamenstelling van het phytoplankton.

Het phytoplankton in het Eems-Dollard estuarium bestaat uit een mengsel van mariene met het vloedwater meegevoerde soorten, van soorten die speciaal in het buitengebied in grote dichtheden voorkomen en daar ook optimaal kunnen groeien, en van zoetwatersoorten, afkomstig uit de Eems, de Westerwoldse Aa en andere zoetwaterbronnen. De soortensamenstelling van dit phytoplankton is niet goed bekend, maar wordt thans nader bestudeerd.

Eerdere studies naar de soortensamenstelling zijn die van Van der Werff (1960), die een aantal diatomeeënsoorten beschrijft, en die van Cadée & Hegeman (1974). Deze laatste auteurs geven echter geen specifieke opgave van het Eemsestuarium. Wel vermoeden ze dat het plankton van de Dollard is samengesteld uit een klein aantal mariene soorten en relatief grote, zeer variabele aantallen zoetwateralgen, die 0 tot 100% van het totaal aantal soorten kunnen vormen. Daarnaast kunnen gesuspendeerde benthische diatomeeën een zeer belangrijk aandeel van het plankton vormen. Een recent overzicht over de kennis over de verdeling in ruimte en tijd van het phytoplankton in de Waddenzee en de aangrenzende estuariën is te vinden in Van den Hoek et al. (1979). Ook de verdeling van de soorten langs de zoutgradient wordt in die studie behandeld.

2.3.2.3 Het belang van de primaire productie door het phytoplankton in het buitengebied.

Wanneer we primaire produktie in het buitengebied vergelijken met de rest van het estuarium, en we betrekken in deze vergelijking ook de benthische primaire produktie krijgen we het volgende beeld (Tabel 4). De gegevens in deze tabel zijn ontleend aan ca. 100 in situ primaire produktie metingen aan de bodem op zes permanente stations gedurende 1976, 1977 en 1978 en aan ca. 190 primaire produktie metingen van het water verdeeld over een achttal stations gedurende de periode 1976-1979.

	Bodem	Water	Totaal	%
Buitengebied	5,6	52,3	57,9	75,3
Middengebied	1,6	8,8	10,4	13,5
Dollard	5,9	2,7	8,6	11,2

Tabel 4. De verdeling van de primaire produktie over het Eems-Dollard estuarium (in 10^6 kg. C).

Ruwweg driekwart van de totale primaire produktie van het estuarium vindt plaats in het buitengebied en wel voornamelijk in het water. Een verandering in de primaire produktie in het buitengebied zal behalve voor dit deel van het estuarium ook in overige delen belangrijke consequenties hebben voor het voedselaanbod. Immers, wanneer we aannemen dat afstervende phytoplanktoncellen zich gedragen als slibdeeltjes dan zal er een transport van dood phytoplankton plaatsvinden naar binnen toe.

Deze aanname wordt ondersteund door de aanwezigheid van kiezel-skeletten van mariene diatomeeënsoorten in de Dollard en in de Eems (Hustedt, 1939; Van der Werff, 1960). Daarnaast blijkt in de Dollard een omvangrijke import van deeltjes gebonden organische stof plaats te vinden vanuit de rest van het estuarium (Van Es, 1975 en deel 2 van dit rapport).

Op de consequenties van deze import vanuit het buitengebied zal nader ingegaan worden in hoofdstuk 4.3.

2.3.3 Secundaire producenten

2.3.3.1 Zoöplankton

Zooplankton is een verzamelnaam voor een grote verscheidenheid van dieren die in het water leven en geen duidelijk eigen beweging hebben ten opzichte van het water. De dieren worden voornamelijk door waterstromen getransporteerd.

Het zooplankton wordt weer onderverdeeld in twee grote groepen: het holoplankton; die dieren die hun hele levenscyclus planktonisch doorbrengen b.v. copepoden, en het meroplankton dat bestaat uit dieren, die althans een deel van hun levenscyclus tot het zooplankton behoren b.v. larven van zeepokken, mosselen en andere schelpdieren, wormen etc.

Het zooplankton van het Eems-Dollard estuarium is intensief bestudeerd, o.a. door Kühl en Mann (1973) en Baretta (1980). Het planktononderzoek toonde aan dat de soortsamenvatting lijkt op die van andere estuaria zoals Weser en Elbe. Het wijkt duidelijk af van de soortsamenvatting zoals die in b.v. de westelijke Waddenzee gevonden wordt, die weer meer op de Noordzeesamenstelling lijkt. Larven van bentische organismen komen in grote aantallen voor in het polyhaline gebied (saliniteit 15-30‰) tussen de mond van de Dollard en de lijn Borkum-Rottumeroog, maar zowel gerekend naar aantallen als naar biomassa zijn copepoden de belangrijkste groep. In het voorjaar bestaat het zoöplankton voor 95% uit copepoden, maar in de zomer komen er zoveel larven van zoobenthos bij dat het aandeel van de copepoden zakt tot 30%. In augustus is echter weer een aandeel voor copepoden van 50-60% bereikt.

In de Dollard, d.w.z. bij saliniteten lager dan 15‰, is *Eurytemora affinis* de dominante soort, behalve in de nazomer wanneer *Acartia tonsa* deze positie overneemt. In het polyhaline gebied is van februari tot mei *Acartia bifilosa* de belangrijkste soort. In het zoetere deel van het estuarium vormt deze dan ook 15% van de biomassa. Dit wijst op een transport naar binnen.

Door het jaar heen wisselt de dominantie tussen verschillende soorten. De afgestorven organismen worden naar binnen getransporteerd (deel 2 van dit rapport). Dit gebeurt ook met mariene organismen die in het gebied terecht komen en waar het zoutgehalte te laag is om te overleven.

Dichtheden van de verschillende soorten in de verschillende delen van het estuarium zijn gegeven in tabel 5. Uit deze tabel blijkt dat veel soorten hun hoogste dichtheden bereiken in het gebied van Ranselgat-Oude Westereems, en dat daar ook de totale dichtheid het hoogst is (saliniteitsgroep 20 - 30 ‰).

Saliniteitsgroep Seizoen	0 - 5 ‰				5 - 10 ‰				10 - 15 ‰				15 - 20 ‰			
	Z	N	W	V	Z	N	W	V	Z	N	W	V	Z	N	W	V
<i>Acartia discaudata</i>				1	2											197
<i>Acartia clausi</i>												4	82		1	
<i>Temora longicornis</i>	180			8	65		1	36					20	2	16	20
<i>Centropages hamatus</i>	1			3							42	7	22	14	5	12
<i>Acartia tonsa</i>	12	42		7	12	104	2105			43	818	23	516	4549	20	78
<i>Eurytemora affinis</i>	5147	4418	1516	11386	1203	254	4733	3273	2718	28	3456	4430	460		1252	243
<i>Acartia biflosa</i>	47			22	350	209		23	468			14	1414	141	259	2441
<i>Pseudocalanus elongatus</i>				16				2				7	24		21	98
<i>Paracalanus parvus</i>												7			9	1
aantal monsters	8	5	19	10		3	4	8	8	3	2	5	18	13	6	11

Saliniteitsgroep Seizoen	20 - 25 ‰				25 - 30 ‰				30 - 35 ‰			
	Z	N	W	V	Z	N	W	V	Z	N	W	V
<i>Acartia discaudata</i>	1	131	1	12		379	8	19		2010	1	
<i>Acartia clausi</i>	9	13			688	24	5	144	1086	68	46	
<i>Temora longicornis</i>	8	5	79	51	1280	46	97	295	1726	142	223	1168
<i>Centropages hamatus</i>	22	45	20	77	329	179	25	120	518	885	81	45
<i>Acartia tonsa</i>	81	1393	76	46	101	1142	3	134		194		
<i>Eurytemora affinis</i>	2	5	205	9	26	1	41	19	149	19	24	
<i>Acartia biflosa</i>	7	42	594	2936	8	10	276	3778		163	427	
<i>Pseudocalanus elongatus</i>		8	126	73		11	75	175		6	290	913
<i>Paracalanus parvus</i>		8	1	12		26	26	123	37	103	18	32
aantal monsters	9	16	13	12	13	21	9	18	7	13	4	2

Tabel 5. Dichtheden van copepoden in het Eems-estuarium in gebieden met verschillende zoutgehalten. Gemiddelde dichtheden per seizoen zijn aangegeven in aantal per m³.

De totale biomassa van de verschillende ontwikkelingsstadia (copepodieten) is meestal veel hoger dan die van de adulte copepoden, behalve in mei en juni als er weinig copepodieten zijn, waarschijnlijk door de afname van de reproductie van de voorjaarssoorten.

De biomassa van adulte copepoden is in de periode mei-augustus relatief laag. Dit kan verklaard worden door een reeks van factoren zoals overgang van voorjaar naar najaarssoorten en toegenomen predatie door binnentrekkende vislarven, jonge vis en ribkwallen.

2.3.4.2 Zoëbenthos

Zoëbenthos is een aanduiding voor alle bodembewonende dieren. Om onderzoekstechnische redenen wordt het onderverdeeld in microbenthos, meiobenthos en macrobenthos. Microbenthos omvat de éencellige, merendeels zeer kleine dieren die in en op de bodem leven. Aangezien aan deze groep vrijwel geen onderzoek is gedaan in het Eemsestuarium kan deze verder niet worden besproken.

Het meiozoëbenthos omvat die meercellige, interstitieel sedimentbewonende organismen die een zeef met een maaswijdte van één mm kunnen passeren. Het meiozoëbenthos is dus geen taxonomische eenheid maar een praktische werkeenheid die meercellige organismen omvat die tussen de sedimentkorrels leven. Binnen het meiobenthos kunnen wormen (nematoden, oligochaeten, turbellariën) en kreeftachtigen (harpacticide copepoden, ostracoden) worden onderscheiden.

Binnen de genoemde groepen organismen bestaat een aanzienlijke soortenrijkdom waarbij in één cm^3 wadsediment enige tientallen soorten en enige honderden individuen aanwezig kunnen zijn. De organismen consumeren bacteriën, diatomeeën, protozoën, andere meiofauna-organismen of een combinatie hiervan, die zij selectief of aselectief opzuigen vanuit de interstitiële vloeistof, afgrazen van de zandkorrels of verschalken door een vorm van jacht. De wijze van voedselopname en de aard van de prooi worden bepaald door de vangmogelijkheden die soortspecifiek zijn. Hoewel de biomassa van de meiofauna veel kleiner is dan die van de macrofauna, is de omvang van de energiestroom via de meiofauna waarschijnlijk groter, ten gevolge van de veel grotere groeisnelheid en veelal kortere generatietijd van deze fauna. De biomassa van de meiofauna op het monsterstation Eemshaven bedroeg ca. 470 mg C.m^{-2} , op het station Hoogwatum ca. 310 mg C.m^{-2} . De meiofauna op de platen in de Waddenzee bestaat voor het grootste deel uit nematoden terwijl uit recent onderzoek blijkt dat plaatselijk en tijdelijk ook harpacticide copepoden talrijk kunnen zijn. In het middengebied van het estuarium bestaat de meiofauna grotendeels uit nematoden. In de geulen is de dichtheid van de meiofauna zeer gering ten gevolge van de hoge stroomsnelheden van het bovenstaande water waardoor de bodem sterk wordt omgewoeld. Op de droogvallende platen bestaan gradienten in de richting van de dijk en van het centrum van de plaat, gelegen loodrecht op de laagwaterlijn, waarlangs het sediment geleidelijk aan voedselrijker wordt en de sedimentkorrels meer en meer begroeid raken met microorganismen. Deze gradient is ook waarneembaar in de nematodenfauna die in de richting van het centrum van de plaat en de dijk voor wat betreft de soortensamenstelling verschuift ten gunste van oppervlakte-grazers, dit ten koste van de dus vooral in de randen van de platen talrijke omnivoren. Vergeleken met de meiofauna van de meer binnenwaarts gelegen estuariene zones is de fauna rond de Eemshaven soortenrijker en dringen met name nematoden dieper door in het sediment (tot ca. 25 cm). De meerderheid van de soorten die de meiofauna rond de Eemshaven samenstellen wordt in de meer binnenwaarts gelegen zones van het estuarium niet aangetroffen. In het algemeen kan worden gesteld dat binnen de meiofauna de nematoden de enige groep vormen die in het estuarium op alle plaatsen voorkomt. Het vermogen tot aanpassing aan enige vorm van "stress" is kennelijk binnen deze groep het sterkst aanwezig. Mogelijk hangt dit vermogen samen met het voorhanden zijn van de grootste soortenrijkdom juist binnen deze groep.

Het macrozoöbenthos omvat de dieren die op een zeef met een maaswijdte van 1 mm achterblijven. Het gaat hierbij voornamelijk om schelpdieren, borstelwormen en kreeftachtigen. Zoals in elk estuarium is ook in de Eems-Dollard een afname van de soortenrijkdom zichtbaar wanneer men van zee naar binnen gaat. Op de platen van de Dollard zijn door Van Arkel & Mulder (1979) gemiddeld 4,6 soorten per bodemonster van 6 dm^2 gevonden en op de platen in het middengebied 5,6. Voor het buitengebied werden op de platen slechts 4 soorten per monster aangetroffen. Een tweede schatting kan worden ontleend aan het werk van Beukema (1976), die het macrozoöbenthos op de platen in de hele Waddenzee, inclusief het westelijk deel van het buitengebied van het Eems-estuarium, onderzocht. Deze vond

voor monsters van 9 dm² een gemiddelde soortenrijkdom van 6,6. Uit zijn gegevens kan worden afgeleid dat voor monsters van 6 dm², zoals Van Arkel & Mulder (l.c.) namen, een rijkdom van ongeveer 4 à 5 soorten per monster mag worden verwacht. In de directe omgeving van de Eemshaven vonden Van Arkel & Mulder (1979) 1-8 soorten per monster.

De talrijke soorten van het Eems-Dollardgebied zijn het nonnetje (*Macoma balthica* - een schelpdier), de borstelwormen *Heteromastus filiformis*, *Nereis diversicolor* en *Nephtys hombergi*, en de slijkgarnaal *Corophium volutator*. Op het wad bij de Eemshaven spelen qua talrijkheid vooral *Nephtys hombergii*, *Scoloplos armiger*, *Macoma balthica* en *Hydrobia ulvae* een belangrijke rol.

	biomassa	referentie
platen Dollard	4,7	Van Arkel & Mulder (1979)
platen Middengebied	13,6	" "
platen Buitengebied	2,7	" "
geulen	1,8	" "
gemiddelde Ned. Waddengebied	26,6	Beukema (1976)
Waddengebied bij Eemshaven	18,1	"

Tabel 6. Biomassa van macrobenthos in verschillende delen van het waddengebied. Waarden in gram asvrij drooggewicht per m².

Biomassas van macrobenthos zoals die in verschillende delen van het waddengebied werden gevonden zijn gegeven in tabel 6. Hieruit blijkt dat de waarden van Van Arkel & Mulder 1979 veel lager zijn dan die welke Beukema eerder gevonden heeft. Het is niet duidelijk hoe de recentelijk gevonden extreem lage waarden verklaard moeten worden.

2.3.3.3 Vissen

Door de grote produktie van voedselorganismen kan in de meeste estuaria op een individuenrijke visfauna gerekend worden. Hierbij kunnen onderscheiden worden (Zijlstra, 1978):

A. permanente bewoners; soorten die hun hele levenscyclus in het estuarium hebben b.v. puitaal (*Zoarces viviparus*), botervis (*Pholis gunnellus*) en slakdolf (*Liparis liparis*)

B. kust of rivierbewoners die gedurende een groot deel van het jaar in het estuarium voorkomen en;

a. het estuarium verlaten om in de Noordzee te paaien, b.v. vijfdradige meun (*Ciliata mustela*) en bot (*Platichthys flesus*)

b. het estuarium verlaten om in de rivieren te paaien b.v. fint (*Alosa fallax*)

c. het estuarium in de winter verlaten vanwege te lage temperaturen, b.v. zeenaalden (*Syngnathidae*)

d. het estuarium in de zomer verlaten vanwege te hoge temperaturen b.v. snotolf (*Cyclopterus lumpus*)

C. soorten waarvan adulten buiten de Waddenzee voorkomen en daar ook kuit schieten, maar waarvan de juvenielen in de voedselrijke estuaria opgroeien (kinderkamerfunctie), b.v. schol (*Pleuronectes platessa*), tong (*Solea solea*), haring (*Clupea harengus*) en sprat (*Sprattus sprattus*)

D. soorten waarvan de adulten het estuarium bezoeken, maar die kuit schieten buiten het gebied, te onderscheiden in;

a. zomergasten, b.v. harder (*Crenimugil labrosus*)

b. wintergasten, b.v. stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) en spiering (*Osmerus eperlanus*).

De visfauna van het Eems-estuarium is redelijk goed bekend door een publicatie van Lohmeyer (1907), het internationaal Waddenproject (Dankers & De Veen, 1978) en recent onderzoek in het kader van het BOEDE project. Tabel 7 geeft de soorten die recent in het estuarium zijn aangetoond.

<i>Lampetra fluviatilis</i> - Rivierprik	<i>Myoxocephalus scorpius</i> - Zeedonderpad
<i>Anguilla anguilla</i> - Paling	<i>Agonus cataphractus</i> - Harnasmannetje
<i>Alosa fallax</i> - Fint	<i>Cyclopterus lumpus</i> - Snotolf
<i>Clupea harengus</i> - Haring	<i>Liparis liparis</i> - Slakdolf
<i>Sprattus sprattus</i> - Sprat	<i>Trachurus trachurus</i> - Horsemakreel
<i>Engraulis encrasicolus</i> - Ansjovis	<i>Gymnocephalus cernua</i> - Pos
<i>Osmerus eperlanus</i> - Spiering	<i>Trachinus vipera</i> - Kleine pieterman
<i>Merlangius merlangus</i> - Wijting	<i>Pholis gunnellus</i> - Botervis
<i>Trisopterus luscus</i> - Steenbolk	<i>Ammodytes tobianus</i> - Zandspiering
<i>Trisopterus minutus</i> - Dwergbolk	<i>Callionymus lyra</i> - Pitvis
<i>Pollachius virens</i> - Koolvis	<i>Pomatoschistus microps</i> - Brakwatergrondel
<i>Gadus morhua</i> - Kabeljauw	<i>Pomatoschistus minutus</i> - Dikkopje
<i>Raniceps raninus</i> - Vorskwaal	<i>Scomber scombrus</i> - Makreel
<i>Ciliata mustela</i> - Vijfdradige meun	<i>Psetta maxima</i> - Tarbot
<i>Zoarces viviparus</i> - Puitaal	<i>Scophthalmus rhombus</i> - Griet
<i>Belone belone</i> - Geep	<i>Limanda limanda</i> - Schar
<i>Gasterosteus aculeatus</i> - Driedoornige stekelbaars	<i>Platichthys flesus</i> - Bot
<i>Pungitius pungitius</i> - Tiendoornige stekelbaars	<i>Pleuronectes platessa</i> - Schol
<i>Syngnathus acus</i> - Grote zeenaald	<i>Solea solea</i> - Tong
<i>Syngnathus rostellatus</i> - Kleine zeenaald	
<i>Utrigla gurnardus</i> - Grauwe poot	
<i>Utrigla lucerna</i> - Rode poot	

Tabel 7. Vissoorten die in het kader van het BOEDE-project in het Eemsestuarium gevangen zijn.

Uit deze onderzoeken komt duidelijk naar voren dat sinds begin deze eeuw een groot aantal soorten uit het Eemsestuarium verdwenen zijn. Redenen hiervoor zijn: het o.a. door waterstaatkundige werken verdwijnen van paaiplaatsen, waterverontreiniging en toename van troebelheid. Soorten die in het binnengebied nu nog enigszins commercieel van belang zijn, zijn soorten die bestand zijn tegen grote waterverontreiniging. Enkele soorten van het buitengebied zoals b.v. steenbolk (*Trisopterus luscus*), dwergbolk (*Trisopterus minutus*) en koolvis (*Pollachius virens*) zijn in verhouding tot begin deze eeuw sterk toegenomen. Schol (*Pleuronectes platessa*) is in het begin van deze eeuw een aantal jaren zeldzaam geweest maar komt nu weer algemeen voor. Het Eems-estuarium vervult dan ook, evenals andere delen van de Waddenzee, een kinderkamerfunctie voor die soort. Hetzelfde geldt voor de tong (*Solea solea*) waarvan relatief hoge concentraties jonge dieren (< 13 cm) in het Eems-estuarium gevonden worden (Dankers & De Veen, 1978). Ook de stekelbaars, fint, spiering en het harnasmannetje komen voor in dichtheden die gemiddeld hoger zijn dan in de rest van de Waddenzee. Het is te verwachten dat de bodemvissen, analoog aan de situatie elders in de Waddenzee een groot deel van de productie van de bodemfauna consumeren (Kuipers, 1976).

Een grote hoeveelheid kwantitatieve informatie is aanwezig bij het BOEDE. Dit materiaal wacht echter nog op computerverwerking en is momenteel nog niet beschikbaar.

Voor de kustvisserij is het Eemsmondgebied belangrijk. In Nederlandse havens werd in 1979 435,5 ton consumptiegarnalen uit het gebied aangevoerd. Hiervan was 305 ton afkomstig uit het Huibertgat en de Westereems, 85 ton uit het midden- en buitengebied, 38 ton uit het gebied tussen Rottum en de Groninger kust en 7,5 ton uit de Dollard. In de Duitse havens Ditzum, Greetsiel en Norddeich werd 948,5 ton consumptiegarnalen en 2951,9 ton puf aangevoerd uit het gebied tussen Rottum, Juist en Knock. Bovendien werd in de Duitse havens 27 ton bot, 11,3 ton spiering en 22,1 ton aal uit de rivier de Eems stroomopwaarts van Emden aangevoerd. Van de hoeveelheid vis die in het buiten- en middengebied gevangen werd zijn geen gegevens beschikbaar.

2.3.3.4 Vogels

2.3.3.4.1 Inleiding

Het gebied dat in deze beschouwing wordt betrokken wordt omgrensd door de eilanden Rottumerplaat, Rottumeroog, Borkum en Lütje Horn, de vastelandskust van Groningen, de lijn Delfzijl-Knock en de kust van Niedersachsen, oostelijk tot en met de Leybucht. De aanwezige vogels zijn onderscheiden in wadvogels en broedvogels van de genoemde waddeneilanden.

2.3.3.4.2 Wadvogels

"Wadvogel" is een verzamelnaam voor eenden, ganzen, steltlopers, meeuwen en sterns, die gedurende korte of langere tijd de Waddenzee gebruiken als voedselgebied. De vogels die de Waddenzee bezoeken zijn niet alleen afkomstig uit noord-, midden- of oost-Europa maar ook uit een enorm uitgestrekt gebied gelegen in arctisch Siberië en Groenland (zie figuur 8).

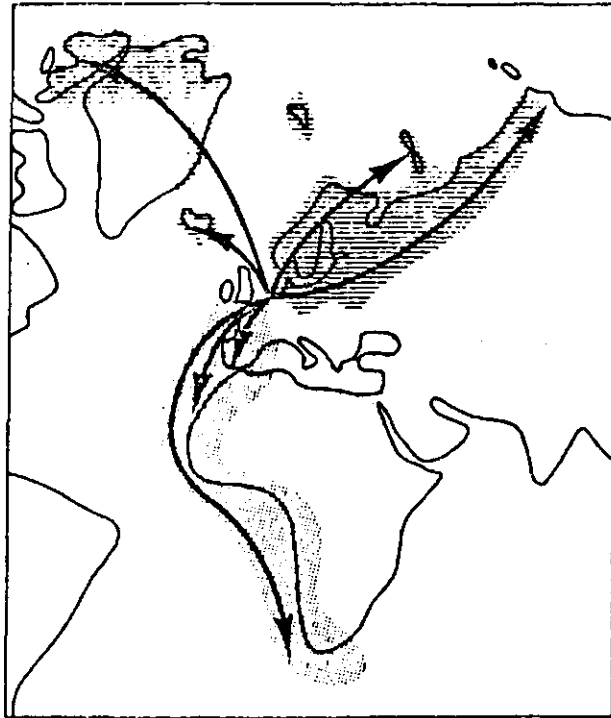


Fig. 8. Broed- (gearceerd) en overwinteringsgebieden (gestipeld) van wadvogels die gebruik maken van het Deens, Duits, Nederlandse Waddenzeegebied (naar Swennen, 1976).

Rottumerplaat Rottumeroog Borkum Lütje Hörn Kust Lauwers- meer - Delfzijl Rysum Campen- Campen- Pilsom										Leybucht	1% norm
Wilde Eend	150	125	970	20	15610	1000	175	685	510	10000	
Wintertaling	25	200	1175	4	1600	1300	33	300	330	1500	
Smient	2750	1100	2590	30	18600	740	26	244	3840	4000	
Pijlstaart	50	200	2850	20	5510	4500	8	390	2980	500	
Bergeend	2000	3500	5900	35	32000	1600	220	455	1830	1250	
Rotgans	750	3000	2450	200	3100	22	0	375	5000	1100	
Brandgans	0	0	0	0	19500	0	0	0	100	470	
Scholekster	15000	32000	75000	4500	49760	4000	960	4265	13500	5600	
Zilverplevier	5000	7430	500	40	10580	1050	0	73	100	450	
Bontbekplevier	200	120	620	10	1450	500	46	43	3000	450	
Strandplevier	42	40	100	2	29	125	28	13	3	-	
Steenloper	130	510	350	50	570	15	0	22	85	-	
Wulp	8000	13000	4000	2000	17920	3500	1500	700	2820	1600	
Rosse Grutto	1600	2060	1845	2500	11720	2100	0	40	1320	3000	
Tureluur	1500	110	950	70	6960	4000	81	340	4500	2500	
Zwarte Ruiter	15	10	60	1	270	22	6	5	6	-	
Groenpootruiter	150	230	995	5	1330	300	0	8	57	-	
Kanoetstrandloper	15000	7000	79900	25	1690	40	0	0	240	7500	
Bonte Strandloper	100000	24000	96200	2000	59000	15000	4000	18000	67500	15000	
Krombekstrandloper	2	50	155	0	80	5	0	0	0	-	
Drieteenstrandloper	500	200	255	600	100	0	0	112	0	300	
Kluut	20	110	1060	0	3900	6000	18	69	2960	250	
Zilvermeeuw	8000	11000	3000	1000	12100	?	?	?	?	-	
Stormmeeuw	5040	19000	?	1250	9200	400	?	250	?	-	
Kokmeeuw	11000	5800	?	1250	21000	?	?	?	?	-	

Tabel 8. Maximale aantallen wadvogels in 9 deelgebieden in en rond het Duits-Nederlandse Eems estuarium (naar Smit, 1977; Prokosch 1978; Dahl & Heckenroth en ongepubl. gegevens van de wadvogelwerkgroep Groningen). Overschrijdt een vogelsoort de in de laatste kolom genoemde 1% norm dan wordt het gebied van internationaal belang geacht (normen International Waterfowl Research Bureau).

	Jan	Febr	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Augustus	September	October	November	December
Scholekster	47600	24900	32700	16000	13500	?	6800	35900	41600	51000	49800	48700
Zilverplevier	660	790	1350	2960	10600	?	210	6380	6870	2230	2460	1570
Bonte Strandloper	15200	14000	33900	59000	39400	?	220	22500	20000	13400	20600	20100
Wulp	14600	12500	11500	12800	2070	?	5300	17900	12300	12300	6500	10400
Kokmeeuw	870	2780	2990	11000	9500	?	?	21000	15600	6020	1450	1350

Tabel 9. Maximale aantallen per maand van 5 wadvogelsoorten langs de Groninger kust (Lauwersmeer-Delfzijl) (Naar ongepubliceerde gegevens van de Wadvogelwerkgroep Groningen).

		Datum in 1975										Datum in 1976									
		4-8	17-8	30-8	14-9	28-9	11-10	9-11	23-11	21-12	18-1	19-2	20-3	11-4	2-5	22-5	19-6	11-7			
Blaue reiger	1			15	22	22	22	23	3	4	3	5		5			6	3			
Wilde eend	60	42	1385	910	800	800	1508	890	2285	1418	2417	483	519	113	66	283	457	106			
Wintertaling		4	172	96	6	6	55	23	62	62	6	8	86	62	10	2					
Smient			55	202	80	80	592	124	129	56	21	254	95	7	1						
Pijlstaart				32	32	32	121	123	80	2	118	108	296	141		1					
Slobeend		3	63	33	33	31	31	60	20	20	1		1			2	5				
Bergeend	70	45	253	2015	1715	1715	2226	923	1344	764	313	178	322	204	221	119	51	66			
Grauwe gans			17									2									
Rotgans							23					3		20	4						
Scholekster	1300	3200	2253	3920	3240	3240	1880	1800	1824	3300	2750	4915	2048	991	821	482	365	226			
Zilverplevier	76	200	392	290	426	269	269	69	91	153	112	1	3	50	106	725	17				
Goudplevier	350		568	90		95	95	34	82		59		92	614	7	53					
Gontbekplevier	15	80	63	70	40	40	35	1	3				449	13	35	1062	12				
Steenloper	40	62	119	32	27	39	39	14	66	111	190	2	25	39	33	42	1				
Wulp	375	300	441	1080	630	630	805	961	760	660	411	1079	1278	1015	121	99	141	324			
Regenwulp	10	12	4														2	7			
Rosse grutto	223	400	132	45	350	350	10	7	3	1	37			5	486	451					
Tureluur	910	900	688	1603	780	780	874	207	435	538	601	423	471	985	436	1077	74	50			
Zwarte ruiter		34					1	2							40	42	1				
Groenpootruiter	160	322	140	81	14	14	27	3							88	31	1	34			
Kanoetstrandloper		1		50	1																
Bonte strandloper	7	100	48	1170	3530	3530	7500	3000	2310	1425	5700	1152	2768	3900	2505	1778	1	7			
Kluut	53	43	285	900	940	940	977	69	5		6		8		22	66	77	80	138		
Grote mantelmeeuw	2	6	16	8	12	13	13	7				1									
Zilvermeeuw	11	190	150	238	110	184	184	124	76	22	391	247	89	265	15	39	100	43			
Storm- + Kokmeeuw	4000	6000	5700	3200	2150	3540	3540	244	658	422	338	1847	373	721	770	672	605	359			
Visdiefje	35	51	16	13	32										7	4		9			
Dwergstern	20	49	3		1																
Overige soorten	10	29		10			16	4	32	5	8	5	7	1	7	5	6				
Totaal eenden, ganzen	130	94	1928	3305	2601	2601	4556	2143	3920	2240	2889	1096	1319	557	302	407	519	175			
Totaal steltlopers	3519	5654	5133	9331	9989	12512	6167	6167	5579	6188	9860	7572	7142	7637	4757	6050	695	790			
Totaal meeuwen, sterns	4068	6296	5929	3459	2305	3737	3737	375	734	464	735	2100	469	987	797	717	705	413			
Totaal alle soorten	7728	12073	13005	16127	14906	20844	8692	10269	8900	13484	10786	8930	9181	5856	7174	1919	1378				

Tabel 10. Aantallen wadvogels langs de Emmapolder (oostelijk deel 5,5 km) naar Sikkema, 1976.

Door sommige soorten wordt de Waddenzee alleen gebruikt als tussensstation op de trek naar zuidelijker gelegen overwinteringsgebieden. Ze pleisteren maar korte tijd. In deze tijd worden de vetvoorraden aangevuld zodat de volgende etappe kan worden gevlogen. Andere soorten gebruiken de Waddenzee om te ruien en pleisteren langer. Verschillende soorten gebruiken de Waddenzee als overwinteringsgebied en trekken pas het volgende voorjaar weer naar de broedgebieden. Trek en rui eisen veel energie van de vogels. De Waddenzee voorziet elk jaar weer enkele miljoenen vogels in deze energiebehoefte. Plantaardig materiaal, vis en bodemdieren vormen de belangrijkste voedselbronnen. Wat door de vogels als voedsel wordt opgenomen verschilt sterk van soort tot soort en, in mindere mate, van gebied tot gebied. De wijze van voedselzoeken eveneens. Zo zullen de meeste steltlopers bij laagwater het drooggevalen wad op prooidieren afzoeken, zullen verschillende eendesoorten langs de kwelderrand zaden van planten uit het slib filtreren en sterns boven de geulen vliegend op vis en garnalen jagen. Met name steltlopers zijn bij het voedselzoeken afhankelijk van de waterstand en de voedselgebieden zullen bij opkomend water verlaten moeten worden. Meestal verzamelen de vogels zich dan op de z.g. hoogwatervluchtplaatsen (h.v.p.'s), die of op de kwelders liggen of op hoge droge platen of, in enkele gevallen, binnendijks. Bij eenden, meeuwen en sterns komt het ook regelmatig voor dat de vogels op het water overtijen. De vogels worden in de meeste gevallen geteld wanneer ze zich tijdens hoogwater verzameld hebben.

Tot de meest talrijke vogelsoorten die in en om het Eems estuarium voedsel zoeken behoren de Bonte Strandloper (maximaal 100.000 zijn geteld op Rottumerplaat, 96.000 op Borkum, 76.000 in de Leybucht en 59.000 langs de Groninger kust), Scholekster (maximaal 75.000 op Borkum, 50.000 langs de Groninger kust en 32.000 op Rottumeroog), Kanoetstrandloper, Bergeend en Kokmeeuw (zie tabel 8). De Groninger kust blijkt tot de belangrijkste gebieden te behoren.

Zoals hiervoor al is opgemerkt gaat het hier om echte trekvogels, die maar voor een deel van het jaar in de Waddenzee (en rond het Eems estuarium) voorkomen.

Tabel 9 en 10 zijn opgenomen om een idee te geven van de aantalsfluctuaties van de verschillende aanwezige soorten. Geconstateerd kan worden dat de aantallen weliswaar van maand tot maand sterk kunnen verschillen, variërend van soort tot soort, maar dat gedurende een groot deel van het jaar zeer aanzienlijke aantallen vogels aanwezig zijn.

Na analyse van wadvogeltellingen berekende Smit (1980a) dat in het gehele deense, Duits-Nederlandse waddenzeegebied van augustus tot oktober 2,5 tot 3,4 miljoen wadvogels aanwezig zijn. In de wintermaanden daalt dit aantal tot 1,1 à 1,5 miljoen, ongeveer 600.000 tot 800.000 vogels daarvan zijn aanwezig in het Nederlandse deel van de Waddenzee. In de voorjaarsmaanden april en mei stijgt het gemiddeld aanwezige aantal weer tot 1,3 à 1,9 miljoen. Het aantal vogels dat van de Waddenzee gebruik maakt zal echter nog aanzienlijk groter zijn aangezien er met name in herfst en voorjaar een voortdurende doorstroming van vogels plaatsvindt. Vogels die op een bepaalde dag nog op een bepaald stuk wad aanwezig zijn kunnen in de eropvolgende dag geheel vervangen zijn door zojuist gearriveerde nieuwkomers. Het aantal wadvogels dat van het Deense-, Duitse- en Nederlandse waddenzeegebied gebruik maakt zou daar-

om wel eens aanzienlijk meer dan 5 miljoen kunnen bedragen. Uit berekeningen van Beukema (1980) en Smit (1980b) is gebleken dat deze enorme aantallen vogels een niet gering deel van de voor hun beschikbare hoeveelheid voedsel opeten. Hierbij moet met name gedacht worden aan consumptie van in de bodem levende schelpdieren en wormen en van kreeftachtigen (b.v. krabben en garnalen) en vissen. Opgeteld bij de consumptie door de vissen en kreeftachtigen zelf, eveneens belangrijke consumenten, zal waarschijnlijk ongeveer 60-80% van de jaarlijks aanwezige productie aan bodemfauna, kreeftachtigen en vissen worden opgegeten. Visserij door de mens is nog niet in deze berekening betrokken. Wordt dit wel gedaan dan wordt duidelijk dat jaarlijks 65 tot meer dan 90% van de geproduceerde hoeveelheid dierlijk vlees in de Waddenzee wordt weggevangen. In deze berekening zijn de diep in de bodem levende dieren die grotendeels niet beschikbaar zijn als voedsel, niet meegenomen. Deze uitkomst is een sterke aanwijzing dat vogels weinig of geen voedsel méér uit de Waddenzee kunnen onttrekken dan zij nu doen. Dit maakt weer heel waarschijnlijk dat de vogels ieder deel van de Waddenzee optimaal benutten. Bij zeer frequent optredende verstoring of inpoldering van een stuk wad zullen die vogels dan ook niet zomaar kunnen uitwijken naar een ander deel van de Waddenzee. Een dergelijke menselijke ingreep zou daarna direct tot gevolg hebben dat deze of andere vogels geen levensmogelijkheden meer zouden overhouden.

2.3.3.4.3 Broedvogels van de eilanden

De broedvogels, die aanwezig zijn op de eilanden Rottumerplaat, Rottumeroog en Lütje Horn, zijn karakteristiek voor waddeneilanden waar weinig menselijk ingrijpen heeft plaatsgevonden. Eilanden van deze grootte bestaan in de regel alleen uit kale zandplaten met duintjes, waartussen soms duinvalleitjes met een grasachtige vegetatie, aan de lijzijde van het eiland vaak overgaand in een kweldertje. Op sommige plaatsen kunnen in de duinvalleitjes wat struiken (kruipwilg, duindoorn) groeien. Karakteristieke broedvogels voor de kale zandplaten en de duintjes zijn soorten als Bontbek- en Strandplevier, Scholekster, Zilvermeeuw, Visdiefje, Grote Stern, Noordse Stern en Dwergstern, de laatste 5 soorten vaak broedend in kolonies. In wat meer begroeide duintjes kunnen bovendien Wilde Eend, Eidereend, Stormmeeuw en Kleine Mantelmeeuw aangetroffen worden. Karakteristieke vogels voor vochtige duinvalleien met grasachtige vegetatie zijn Wilde Eend, Scholekster, Kievit, Tureluur, Veldleeuwerik, Graspieper en Witte Kwikstaart. Op de kwelders kunnen als broedvogel Wilde Eend, Scholekster, Kievit, Bontbek- en Strandplevier, Tureluur, Zilvermeeuw, Stormmeeuw, Kokmeeuw, Visdief, Noordse Stern, Veldleeuwerik en Graspieper worden aangetroffen. Een soort als de Bergeend broedt bij voorkeur in de duinen in konijneholten, de Boerenzwaluw is alleen present wanneer ergens een gebouwtje is neergezet. Soorten als Patrijs en Fazant worden soms uitgezet en kunnen zich op kleine eilanden in de regel niet handhaven. Een soort als de Huismus komt alleen

Rottumerplaat

	Rottumerplaat	Rottumeroog	Borkum	Lütje Horn
Jaar waarin inventarisatie	1973 - 1977	1973 - 1977	ca. 1971	1968 - 1976
Bergeend, <i>Tadorna tadorna</i>	4-14	10-35	250-350	0-6
Smient, <i>Anas penelope</i>			incid?	
Wintertaling, <i>Anas crecca</i>		incid?	30-35	
Wilde Eend, <i>Anas platyrhynchos</i>	0-3	3	80-100	
Pijlstaart, <i>Anas acuta</i>			5-6	
Zomertaling, <i>Anas querquedula</i>		incid	5	
Slobeend, <i>Anas clypeata</i>			18-20	
Eidereend, <i>Somateria mollissima</i>	2-11	18-40	1-2	0-1
Bruine kiekendief, <i>Circus aeruginosus</i>			ex	
Blauwe kiekendief, <i>Circus cyaneus</i>			1-2	
Grauwe kiekendief, <i>Circus pygargus</i>			ex	
Torenvalk, <i>Falco tinnunculus</i>			10	
Slechtvalk, <i>Falco peregrinus</i>	incid			
Patrijs, <i>Perdix perdix</i>	ex	ex	ex	
Fazant, <i>Phasianus colchicus</i>	incid	ex	+	
Waterral, <i>Rallus aquaticus</i>		0-1	5	
Kwartelkoning, <i>Crex crex</i>			ex	
Waterhoen, <i>Gallinula chloropus</i>		incid?	5	
Meerkoet, <i>Fulica atra</i>			0-1	
Scholekster, <i>Haematopus ostralegus</i>	30-130	125-200	35-370	12-25
Kluut, <i>Recurvirostra avosetta</i>			120-170	
Bontbekplevier, <i>Charadrius hiaticula</i>	1-2	1-2	20	ex
Strandplevier, <i>Charadrius alexandrinus</i>	4-11	2-5	50	ex
Kievit, <i>Vanellus vanellus</i>		incid	80-120	
Bonte Strandloper, <i>Calidris alpina</i>			ex	
Kemphaan, <i>Philomachus pugnax</i>		ex	10-20	
Watersnip, <i>Callinago gallinago</i>			30	
Grutto, <i>Limosa limosa</i>			70	
Wulp, <i>Numenius arquata</i>			25	
Tureluur, <i>Tringa totanus</i>	0-5	incid	130	
Kokmeeuw, <i>Larus ridibundus</i>	0-18	0-18	400-600	
Stormmeeuw, <i>Larus canus</i>	3-12	45-73	30-50	8-25
Kleine Mantelmeeuw, <i>Larus fuscus</i>	3-6	3-6-7	incid?	2-8
Lachstern, <i>Gelochelidon nilotica</i>				incid?
Zilvermeeuw, <i>Larus argentatus</i>	750-1000	1700-4000	5-30	1200-2500
Visdief, <i>Sterna hirundo</i>	+	+	30-60	30-40
Noordse Stern, <i>Sterna paradisea</i>	+	+	25-60	15-20
Dwergstern, <i>Sterna albifrons</i>	0.1	22-32	15-30	0-5
Zwarte Stern, <i>Chlidonias niger</i>		ex		
Holenduif, <i>Columba oenas</i>			5	
Houtduif, <i>Columba palumbus</i>			40	
Turkse Tortel, <i>Streptopelia decaocto</i>		0-1	25	
Tortelduif, <i>Streptopelia turtur</i>			1-2	
Koekoek, <i>Cuculus canorus</i>		+	+	
Ransuil, <i>Asio otus</i>			2	
Velduil, <i>Asio flammeus</i>			25-40	
Gierzwaluw, <i>Apus apus</i>			1	
Kuifleeuwerik, <i>Galerida cristata</i>			1	
Boomleeuwerik, <i>Cullula arborea</i>			ex	
Veldleeuwerik, <i>Alauda arvensis</i>	10-25	6-14	+	1-2
Overzwaluw, <i>Riparia riparia</i>			incid	
Boerenzwaluw, <i>Hirundo rustica</i>	0-2	2-4	+	
Huiszwaluw, <i>Delichion urbica</i>			+	
Boompieper, <i>Anthus trivialis</i>			ex	
Graspieper, <i>Anthus pratensis</i>	3-20	4-24	+	3-5
Gele Kwikstaart, <i>Motacilla flava</i>		ex	+	
Witte Kwikstaart, <i>Motacilla alba</i>	2-5	2-4-15	+	2
Heggenus, <i>Prunella modularis</i>			10	
Roodborst, <i>Erithacus rubecula</i>			+	
Zwarte Roodstaart, <i>Phoenicurus ochruros</i>			1-2	
Gekraagde Roodstaart, <i>Phoenicurus phoenicurus</i>			2	
Paapje, <i>Saxicola rubetra</i>			15	
Tapuit, <i>Oenanthe oenanthe</i>			+	
Merel, <i>Turdus merula</i>			100	
Zanglijster, <i>Turdus philomelos</i>			15	
Grote lijster, <i>Turdus viscivorus</i>			1-2	
Sprinkhaanrietzanger, <i>Locustella naevia</i>		0-1	+	
Rietzanger, <i>Acrocephalus schoenobaenus</i>			5	
Bosrietzanger, <i>Acrocephalus palustris</i>			10	
Kleine Karekiet, <i>Acrocephalus scirpaceus</i>			+	
Spotvogel, <i>Hippolais icterina</i>			20	
Braamsluiper, <i>Sylvia curruca</i>			20	
Grasmus, <i>Sylvia communis</i>			40	
Tuinfluit, <i>Sylvia borin</i>			15	
Zwartkop, <i>Sylvia atricapilla</i>			5	
Fluiter, <i>Phylloscopus sibilatrix</i>			+	
Fitis, <i>Phylloscopus trochilus</i>			100	
Grauwe Vliegenvanger, <i>Muscicapa striata</i>		1	2-4	
Bonte Vliegenvanger, <i>Ficedula hypoleuca</i>			+	
Staatmees, <i>Aegithalos candatus</i>			+	
Pimpelmees, <i>Parus caeruleus</i>			5	
Koolmees, <i>Parus major</i>			15	
Grauwe Klauwier, <i>Lanius collurio</i>			5	
Zwarte Kraai, <i>Corvus corone corone</i>			+	
Bonte Kraai, <i>Corvus corone cornix</i>			incid	
Raaf, <i>Corvus corax</i>		ex	ex	
Spreeuw, <i>Sturnus vulgaris</i>	1-3	1-3	+	
Huiszus, <i>Passa domesticus</i>	ex?	ex	+	
Ringmus, <i>Passa montanus</i>		incid?	2-3	
Vink, <i>Fringilla coelebs</i>			15	
Keep, <i>Fringilla montifringilla</i>	1-3?		+	
Groenling, <i>Chloris chloris</i>			20	
Putter, <i>Carduelis carduelis</i>			ex	
Kneu, <i>Carduelis cannabina</i>	0-5	2-4	+	
Barmsijs, <i>Carduelis flammea</i>		incid?	2-5	
Kruisbek, <i>Loxia curvirostra</i>			incid	
Geelgors, <i>Emberiza citrinella</i>			ex	
Rietgors, <i>Emberiza schoeniclus</i>	2?	0-1	20-30	

Tabel 11. Broedvogelsamenstelling (in paren) van de 4 waddeneilanden in de omgeving van het Eemsestuarium. Ex = voormalig broedvogel, incid. = incidenteel broedvogel, + = broedvogel, maar aantal niet bekend, ? = onzeker of de soort gebroed heeft. Naar: Peitzmeier, 1961; Goethe, 1962; Schoenagel, 1972; Braaksma, 1973; Staatsbosbeheer, 1977; Gerritso & Braaksma, 1977; Ongepubl. gegevens Instituut für Vogelforschung, Wilhelmshaven.

als broedvogel voor wanneer min of meer permanente menselijke bewoning aanwezig is.

De hierboven beschreven situatie is die welke op Rottumerplaat en -oog en Lütje Horn kan worden aangetroffen. De broedvogelsamenstelling van het eiland Borkum is anders van karakter (zie tabel 11). Menselijk ingrijpen in de natuurlijke dynamiek is hiervan de belangrijkste oorzaak. Zo werden de twee eilanden waaruit Borkum vroeger bestond verbonden door een stuifdijk. Er werd getracht duin- en kustafslag te voorkomen door aanplant van helm en bosjes en door het bouwen van pieren. Op allerlei plaatsen op het eiland werden tuinen en parken aangelegd en bomen en windsingels aangeplant. Plaatselijk werd de grond in cultuur gebracht en huizen, schuurtjes en bunkers gebouwd waardoor voor verschillende vogelsoorten kunstmatige nestgelegenheid ontstond. De diversiteit van de broedvogelsamenstelling is sinds het begin van het menselijk ingrijpen op Borkum dan ook aanzienlijk toegenomen. Het eiland heeft er soorten als Torenvalk, Fazant, Turkse Tortel, Ransuil, Gierzwaluw, Boerenzwaluw, Huiszwaluw, Heggemus, Zanglijster, Merel, Gekraagde Roodstaart, Zwarte Roodstaart, Zwartkop, Tuinfluiter, Braamsluiper, Grauwe Vliegenvanger, Bonte Vliegenvanger, Staartmees, Koolmees, Pimpelmees, Groenling, Kruisbek, Barmsijs, Vink, Keep en Huismus aan te danken. Door veranderingen in cultuurtechnische maatregelen en voortschrijdende successie van de aanplant wijzigen zich de biotopen voor de broedvogels voortdurend. Dit heeft tot gevolg dat ook de broedvogelsamenstelling van het eiland nog steeds aan veranderingen onderhevig is.

2.3.3.5 Zeehonden

2.3.3.5.1 Inleiding

Het aantal zeehonden in de internationale Waddenzee is gedurende de laatste decennia sterk verminderd, vooral in het Nederlandse deel (Reijnders, 1980). Te lage reproductie als gevolg van verontreiniging en geringere overlevingskansen door verstoring zijn waarschijnlijk de hoofdoorzaken. In dit hoofdstuk worden de verspreiding en het aantal zeehonden in het Eems-estuarium behandeld. Deze worden vergeleken met andere gebieden en op die manier kan het belang van dit gebied voor de gehele zeehondenpopulatie en in het bijzonder die van Nederland, worden afgewogen.

2.3.3.5.2 Verspreiding

In fig. 9 is de verspreiding van de zeehonden in het Eems-estuarium aangegeven. Uit dit kaartje blijkt dat de zeehonden hun ligplaatsen dicht bij diep water kiezen. Deze liggen in het algemeen bij de ingang van diepe geulen zodat de dieren bij verstoring snel naar diep water kunnen vluchten.

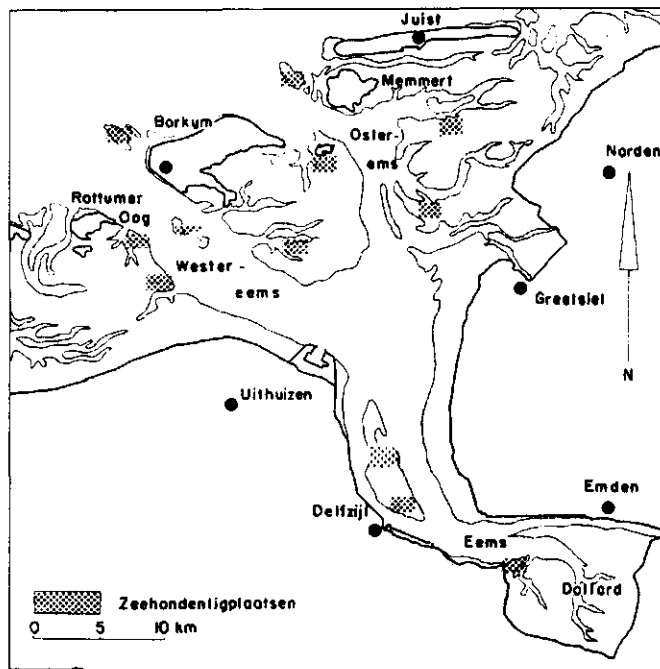


Fig. 9. Zeehondenligplaatsen in het Eemsmondgebied.

Uit geregelde tellingen blijkt dat de dieren constant dezelfde ligplaatsen uitkiezen, zodat mag worden verondersteld dat die banken voldoen aan de specifieke eisen die een zeehond aan zijn ligplaats stelt.

2.3.3.5.3 Aantallen

In fig. 10 worden de aantallen zeehonden weergegeven die sinds 1964 jaarlijks in dit gebied zijn geteld (zie Reijnders, 1978a). De curve verloopt min of meer parallel aan die voor het gehele waddengebied, een daling tot 1974 en daarna een lichte toename. Tot 1974 zijn de weergegeven aantallen als indicaties te beschouwen omdat vooral in het duitse deel onregelmatig en niet steeds op alle plaatsen werd geteld.

Het totaal aantal zeehonden in het gebied schommelt rond 280 stuks. Door externe oorzaken zoals o.a. slecht weer en verstoring verblijven soms niet alle zeehonden op de zandbanken op het moment van de vliegtuigtelling. Uit regelmatige tellingen per vliegtuig en per boot blijkt echter dat bij de weergegeven aantallen slechts met een geringe onderschatting rekening behoeft te worden gehouden.

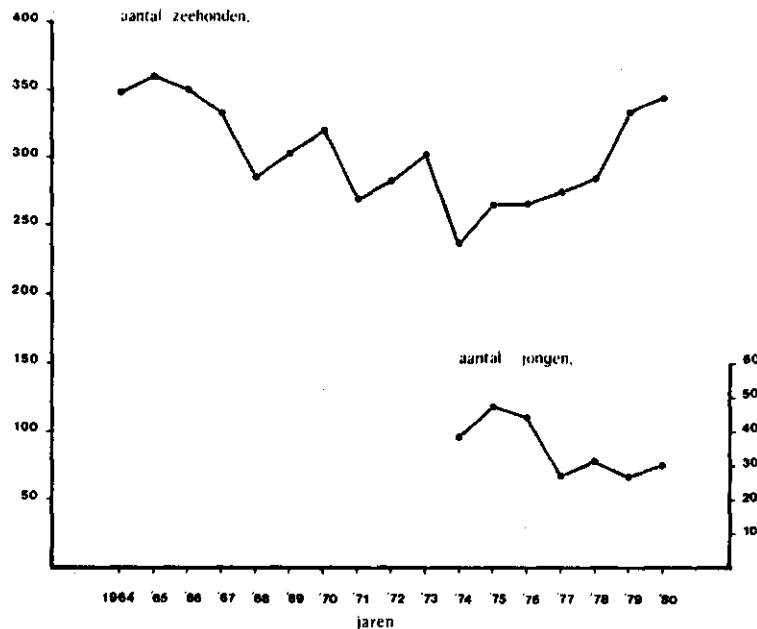


Fig. 10. Aantal zeehonden in het Eemsmondgebied (volgens fig.9).

2.3.3.5.4 Migratie

a. seizoensmigratie

Uit geregelde vliegtellingen, gecombineerd met vaartochten in het Eems-estuarium blijkt, dat de samenstelling van de groepen naar leeftijdsklasse en aantal op de verschillende ligplaatsen in één seizoen vrijwel konstant is (Reijnders, 1976, 1978b). Gezien deze hoge plaatstrouw wordt verondersteld dat er binnen het Eems-estuarium geen seizoensmigratie van betekenis optreedt.

b. jaarmigratie

Door in een serie van vier jaren de samenstelling naar leeftijdsklassen van de zeehondenpopulatie in het Eemsestuarium te bepalen d.m.v. spoorbreedtemetingen, kon in het laatste jaar het aantal subadulten (1, 2 en 3-jarigen) worden vastgesteld. Tegelijkertijd werden in die jaren het totaal aantal geboren jongen geteld en aan de hand van een verondersteld overlevingspercentage kon worden berekend hoeveel dieren er in de subadulte klasse maximaal konden zijn gerecruiteerd uit de jaarlijkse geboorten. Het aantal dieren in de subadulte klasse bleek hoger te zijn dan de berekende aantallen en dit duidt op een immigratie van dieren uit Duitsland (Reijnders, 1978b). Migratie onder subadulte dieren is een algemeen verschijnsel (Wada, 1969; Johnson et al., 1975) en is belangrijk voor het waarborgen van voldoende genetische variatie binnen een populatie.

2.3.3.5.5 De betekenis van het Eemsestuarium in relatie tot de rest van het westelijk waddengebied

Het aantal dieren in de nederlandse Waddenzee is sinds 1964 met ruim 70% afgenomen. In het westelijk deel daarvan bedraagt die achteruitgang 90%, in het Eemsestuarium ongeveer 25%. Gedurende de laatste vier jaren bedraagt het aantal jongen in het Eemsestuarium gemiddeld 28% van het totale aantal in de nederlandse Waddenzee en het aantal subadulten eveneens 28%. De in 2.3.3.5.4 genoemde migratie treedt vooral op in het Eems-estuarium zoals valt af te leiden uit het relatief hoge aandeel subadulten juist in dit gebied (Reijnders, 1976, Tabel II; Reijnders, 1978b, Tabel II). Resumerend kan worden gesteld dat ondanks de te lage reproductie de stand van zeehonden in de nederlandse Waddenzee niet verder achteruitgaat, dank zij migratie uit Duitsland.

Gezien het gunstige reproductiepercentage en de opgetreden migratie in het Eemsestuarium is dit gebied binnen de westelijke Waddenzee van belang voor het voortbestaan van de nederlandse zeehondenpopulatie.

3. VOORGENOMEN HANDELING

3.1 LNG installatie

Door de Gasunie is optie genomen op een terrein van ca. 150 ha ten Noordoosten van de Wilhelminahaven. Op dit terrein zijn de aardgasterminal en een kolenvergassingsinstallatie gepland (fig. 11). Het vloeibare aardgas wordt opgeslagen in twee tanks, elk met een inhoud van 80.000 m³. Voor eventuele toekomstige uitbreiding is ruimte voor twee extra tanks gereserveerd. De tanks komen bovengronds en worden omgeven door een aarden wal. Nadere informatie over constructie en afmetingen ontbreekt nog. Bij de kolenvergassingsinstallatie komen terreinen voor de opslag van kolen en slakken. Indien de kolenvergassingsinstallatie hier gevestigd wordt, zullen ook een aantal gezamenlijke voorzieningen gebouwd worden. Voor de kolenvergassing is zuurstof nodig, terwijl het aangevoerde hoog calorische gas met stikstof gemengd kan worden teneinde verder te distribueren gas van een lagere calorische waarde te verkrijgen (z.g. Slochterenkwaliteit). Tussen de twee installaties zal dan waarschijnlijk een luchtscheidingsfabriek komen die met behulp van de beschikbare koude deze gassen kan produceren. In hoeverre de afvalwarmte van de kolenvergasser gebruikt kan worden voor het opwarmen van het vloeibare gas wordt momenteel bestudeerd.

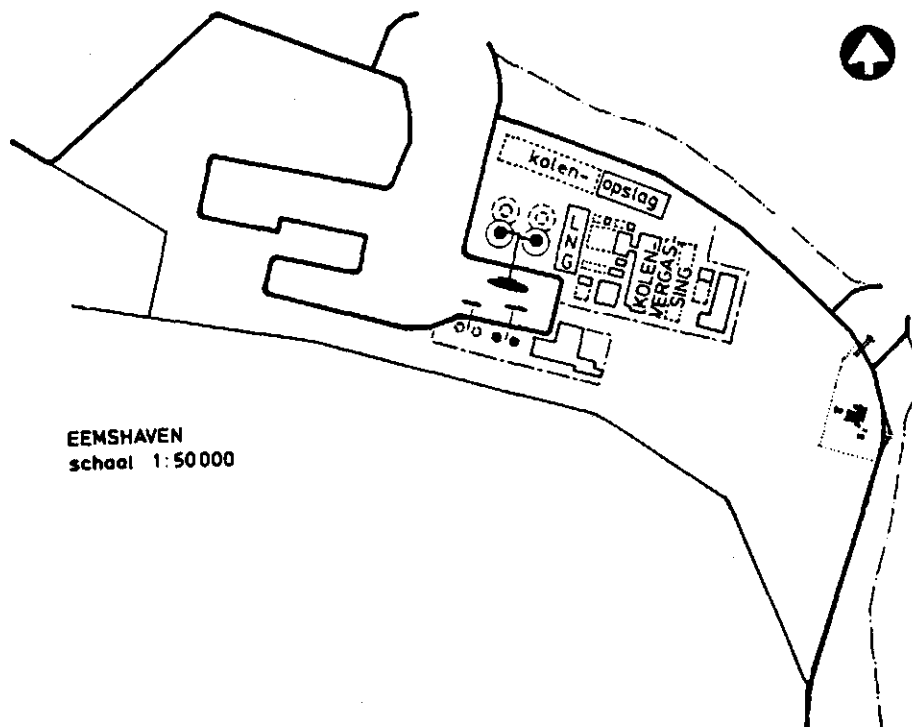


Fig. 11. De locatie van het Gasunieterrein in de Eemshaven (afmetingen en locatie van tanks, steigers en bouwwerken zijn alleen indicatief, en niet gebaseerd op officiële documenten).

Het zeewater dat eventueel nodig is voor het opwarmen van het aardgas wordt uit de Eemshaven opgepompt en geloosd in de Eems. Indien alleen zeewater gebruikt wordt voor het opwarmen van het vloeibare aardgas, is ongeveer $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ nodig bij een aanvoer van 4 miljard Nm^3/jaar .★

Indien een deel van de koude van het aardgas gebruikt kan worden in volgindustriën, of voor het koelen van de kolenvergasser, zal de benodigde hoeveelheid zeewater afnemen. Voorlopig wordt aangenomen dat een maximum van $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ geloosd zal worden met een temperatuur die 4°C lager is dan het ingenomen water.

Om te voorkomen dat de aan- en afvoerleidingen dichtgroeien met organismen (vooral mossels en zeepokken) wordt aan het opgepompte zeewater chloor toegevoegd zodra het zeewater een temperatuur bereikt van meer dan 12°C . De hoeveelheid chloor die toegediend moet worden om effect te hebben hangt af van de hoeveelheid organisch materiaal in het water en de lengte van de aanvoerleiding. Bij de Eemscentrale werd, bij een waterverbruik van gemiddeld $20 \text{ m}^3/\text{sec}$, per jaar 1000 ton chloorbleekloog gebruikt. Bij de Eemscentrale is deze hoeveelheid nu teruggebracht tot 100 à 200 ton omdat met succes een thermoshock behandeling wordt toegepast. Hierbij wordt af en toe warm water in de aanvoerleiding geperst waardoor alle aangroei gedood wordt. Als bij de LNG terminal geen warm water beschikbaar is moet gerekend worden op een verbruik van 500 ton chloorbleekloog per jaar, maar deze hoeveelheid kan minder zijn indien minder dan $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ water nodig is, of indien warm water van de kolenvergasser gebruikt kan worden voor een thermoshockbehandeling. Het chloorbleekloog dat bij de Eemscentrale gebruikt wordt, bevat 150 gram actief chloor per liter, zodat bij de LNG terminal gerekend moet worden op een toediening van maximaal 75 ton actief chloor per jaar.

3.2 Haven- en baggerwerken

De laatste ontwerpen van de inrichting van de LNG terminal zijn gebaseerd op de huidige omvang van de Wilhelminahaven. Graafwerkzaamheden om de Wilhelminahaven uit te breiden zullen dus niet nodig zijn. Wel moet de Wilhelminahaven uitgediept worden. Aan de noordoever van de Wilhelminahaven komt een steiger waar aan één LNG-schip gemeerd en gelost kan worden. Er is hier geen ruimte over voor het aanleggen van andere grote schepen. Aanlegmogelijkheden voor bulkcarriers voor kolentransport zijn nog onderwerp van studie. De LNG-schepen behoren tot de z.g. 130.000 m^3 klasse. De waterverplaatsing van dit soort schepen is ongeveer 100.000 ton en het machinevermogen ongeveer 40.000 pk. De lading van een LNG tanker is tussen 122.000 en 135.000 m^3 en de afmetingen zijn: lengte 290 m, breedte 44 m, diepgang 11,60 m. Het zij-oppervlak is 4500-6000 m^2 . Er wordt in eerste instantie rekening gehouden met 78 schepen per jaar, met in de toekomst een mogelijke uitbreiding tot 156 schepen per jaar.

★ Een Nm^3 is een m^3 aardgas bij gebruikstemperatuur en een druk van 1 atmosfeer.

De LNG vaargeul loopt via Huibertgat, Horsborngat, Ranselgat, Doekegat naar de Eemshaven (fig. 12). Bij de overgang Horsborngat-Ranselgat, en in het Doekegat bij de ingang van de Eemshaven komen noodanker - of wachtplaatsen. Voor het aanleggen van de geul zal resp. initieel-en onderhoudsbaggerwerk moeten worden uitgevoerd. De minimaal benodigde waterdiepte wordt bepaald door de scheepsdiepte, vermeerderd met een overdiepte (de z.g. bruto underkeel clearance). De grootte van de overdiepte is onder meer afhankelijk van de scheepsbewegingen (rollen, stampen) squat, waterstand en de peil- en baggeronnauwkeurigheden.

Tabel 12 geeft voor de verschillende vaargeulen aan de breedte en diepte, die voor een volgeladen schip nodig is en het noodzakelijke baggerwerk daarvoor, zowel voor hoog- als voor laagwatervvaart. Voor hoogwatervvaart kan worden volstaan met de huidige duitse onderhoudsdieptes, maar zijn wel enige verbredingen noodzakelijk.

Hoogwatervvaart

	Breedte	Diepte in m t.o.v. NAP	Opp. 10^6 m^2	Baggerhoeveelheid in 10^6 m^3 initieel	onderhoud
Huibertgat	300 m	- 15,0	0,08	0,03	-
Horsborngat	300 m		-	-	0,35
Ankerplaats Borkum		- 14,7	0,18	0,23	?
Ranselgat	350 m	- 14,6	0,84	1,17	0,50
Doekegat	350 m	- 14,5	0,58	1,06	0,30
Toegangsgedul	400 m				
Ankerplaats Eemshaven		- 14,9	<u>0,20</u>	<u>0,28</u>	<u>?</u>
Totaal			1,88	2,77	1,15

Laagwatervvaart

	Breedte	Diepte t.o.v. NAP	Opp. 10^6 m^2	Baggerhoeveelheid in 10^6 m^3
Huibertgat	350 m	- 17,0	6,7	9,7
Horsborngat	350 m	- 16,5	0,9	0,8
Ranselgat	350 m	- 16,0	2,0	3,4
Doekegat	350 m	- 15,5	0,95	1,8
Toegangsgedul	400 m	- 15,6	0,3	0,9
Totaal			10,85	16,6

Tabel 12. Vaargeuldiepte en te verwachten hoeveelheid baggerwerk voor hoogwatervvaart en laagwatervvaart (naar Rijkswaterstaat, 1979 en bijlage tekening nr. 80.218).

Momenteel wordt uitgegaan van invaart bij hoogwater, en vertrek uit de Eemshaven bij laagwaterkentering. Een geloste tanker zal tijdens laagwater de haven met weinig ballast kunnen verlaten als de geulen gebaggerd zijn op de diepte voor hoogwaterinvaart. Tijdens het naar buiten varen wordt meer ballast ingenomen, zodat de vereiste diepgang en stabiliteit bereikt zijn als het schip op de Noordzee aankomt.

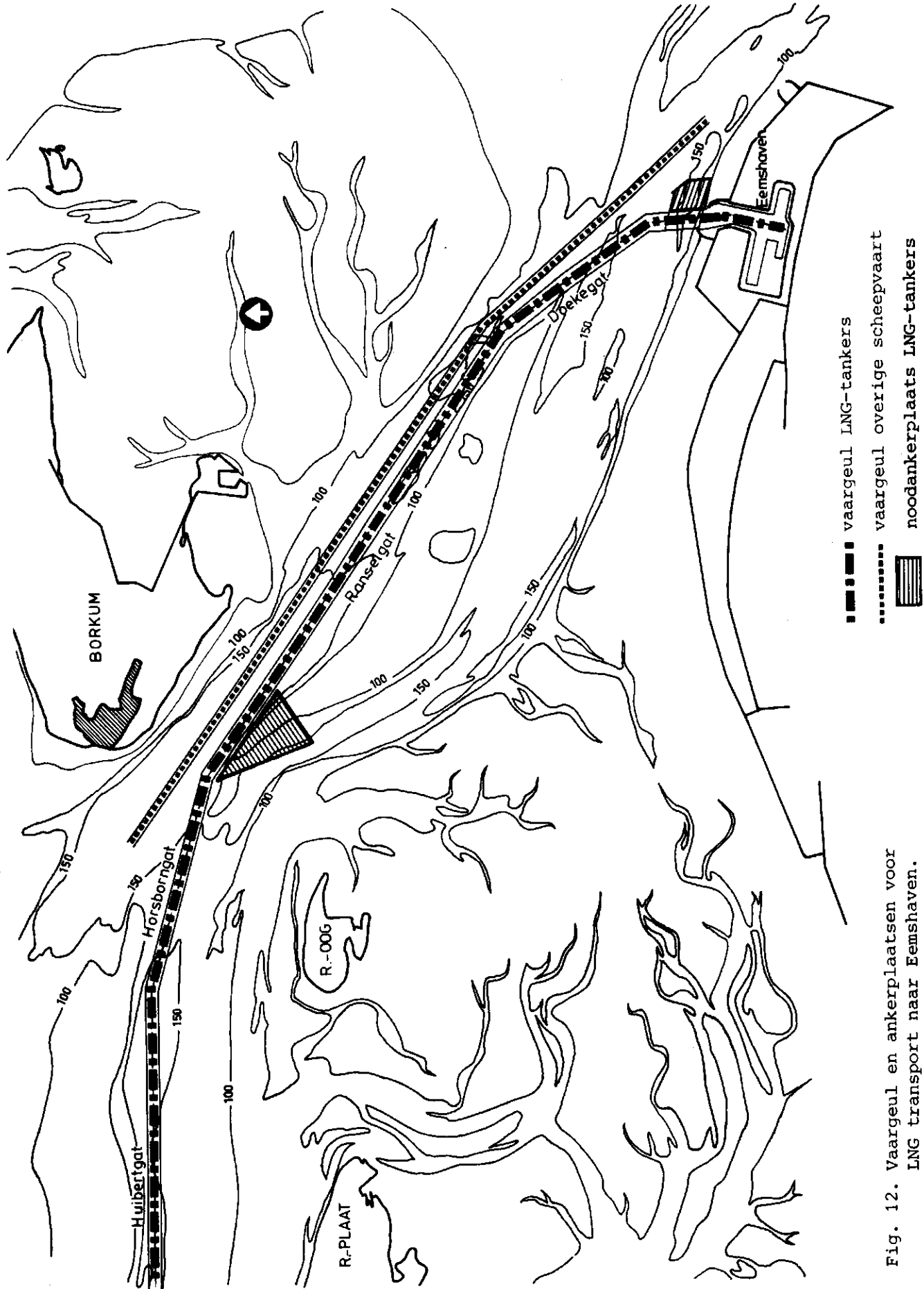


Fig. 12. Vaargeul en ankerplaatsen voor
LNG transport naar Eemshaven.

In deze rapportage wordt uitgegaan van een hoeveelheid initieel baggerwerk van 2,77 miljoen m³ (tabel 12). Gespreid over 200 dagen is dit een hoeveelheid van 14.000 m³ per dag. Momenteel wordt nog bestudeerd of voor de kleine scheepvaart in het Ranselgat een geul ten NO van de LNG geul bebakend kan worden om de LNG geul geheel vrij te kunnen houden voor de zeer grote schepen. Voor deze geul zou een extra hoeveelheid initieel baggerwerk van 0,1 miljoen m³ noodzakelijk zijn.

Het onderhoudsbaggerwerk voor de LNG geul wordt door Rijkswaterstaat geschat op 1,15 miljoen m³ per jaar, exclusief de ankerplaatsen (tabel 12). Voor het duitse onderhoudsbaggerwerk, dat ook zonder LNG aanvoer in deze geul zou plaatsvinden, schat men 1,6 miljoen m³ per jaar (Rijkswaterstaat, Meet- en Adviesdienst Delfzijl, Nota 80-19). Daarom verwacht Rijkswaterstaat dat specifiek voor de LNG geul géén onderhoudsbaggerwerk noodzakelijk is. Het initieel baggerwerk voor de geulen moet dus gezien worden als een éénmalige korrektie, die met het normale duitse onderhoud in stand kan worden gehouden. Voor de noodankerplaatsen is wel extra onderhoudsbaggerwerk noodzakelijk. Hiervoor is geen schatting beschikbaar, maar gesteld op de helft van het initieel baggerwerk is het 0,25 miljoen m³ per jaar, of ca. 1250 m³ per dag. Tegenover een totaal aan onderhoudsbaggerwerk in het buitengebied van ca. 2 miljoen m³ per jaar is dat zeer globaal een toename van ca. 12½ %.

Voorlopig gaat Rijkswaterstaat er vanuit dat de baggerspecie op de beide huidige stortplaatsen wordt gestort: ten noorden van de NAP -10 m lijn van de Westereems nabij ton 2 en nabij ton 8/R6 (fig. 2). Het baggerwerk kan gedurende het gehele jaar door plaatsvinden, maar in verband met het weer ligt het accent in de zomermaanden.

4. EFFECTEN

4.1 Inleiding

In het algemeen kunnen de effecten die het gevolg zijn van ontwikkelingen zoals de aanvoer van LNG onderscheiden worden in twee groepen.

- A. primaire, vooral fysische effecten, die plaatsvinden als direct gevolg van de voorgenomen handeling.
- B. secundaire en tertiaire, meestal fysische, chemische of biologische effecten, die hoofdzakelijk veroorzaakt worden door veranderingen in het fysisch milieu. Deze vinden veelal later in de tijd en vaak op enige afstand plaats.

De samenhang van deze effecten wordt schematisch weergegeven in een zogenaamde effectenserie in fig. 13. In dit schema zijn voornamelijk de fysische effecten weergegeven die chemische en biologische gevolgen kunnen hebben. Uit het schema blijkt ook dat de beschrijving van de biologische gevolgen pas een laatste stap is. Het is duidelijk dat voor een kwantificering van de biologische gevolgen eerst alle primaire effecten gekwantificeerd moeten zijn.

Er moet op gewezen worden dat figuur 13 zeker niet volledig is. Elk van de primaire en secundaire effecten kan bij nadere studie nog meer gevolgen blijken te hebben. Omdat deze gevolgen met de huidige kennis niet te kwantificeren zijn is hier volstaan met het noemen van de naar huidige inzichten belangrijke effecten.

4.2 Primaire fysische en chemische effecten

De primaire fysische en chemische effecten worden behandeld aan de hand van figuur 13. Hydrografische effecten worden behandeld in het nog te verschijnen deel 2 van deze rapportage.

Aan Rijkswaterstaat werd informatie over de te verwachten baggerwerkzaamheden en de toename van troebeling gevraagd. Deze informatie (brief van Rijkswaterstaat van 9 september 1980) is bijgevoegd als bijlage van dit rapport.

De primaire effecten (fig. 13) van baggerwerk en onderhoud (inclusief storten) zijn:

a. suspensie van deeltjes (troebeling)

Bij baggeren wordt een hoeveelheid sediment in suspensie gebracht. Na verloop van tijd bezinkt dit sediment weer, doch bij voortdurend baggeren zal voortdurend sediment in het water worden gebracht. Afhankelijk van de eigenschappen van dit sediment zal zich in een groter of kleiner gebied gedurende kortere of langere tijd een verhoogde troebeling kunnen vertonen. De toename van de troebeling kon niet door Rijkswaterstaat worden gekwantificeerd. Deel 2 zal hierop verder ingaan.

voorgenomen handeling	primaire effecten	secundaire effecten	biologische effecten
Baggerwerk t.b.v. aanleg en onderhoud	[directe effecten baggerwerkzaamheden]	_____	_____ 1
	suspensie van deeltjes (troebelings)	[direct effect zwevende deeltjes]	_____ 2
		[hydrografische effecten]	_____ 3
		[vermindering lichtintensiteit]	_____ 4
	vrijkomen poriewater	_____	_____ 5
	verbreding vaargeul	[verandering wateruitwisseling Dollard- Noordzee]	_____ 6
		[sedimentatie Oude Westereems]	_____ 7
	aanvoer van sediment van elders	_____	_____ 8
	verstoring van vogels en zeehonden	_____	_____ 9
Storten van baggerspecie	[storing bodemoppervlak]	_____	_____ 10
	[suspensie van deeltjes]	_____ zie 1, 2, 3 en 4	_____ 11
LNG aanvoer + verwerking	verbreding vaargeul	toename scheepvaart	_____ 12
	Verkeersbegeleiding	verstoring van vogels en zeehonden	_____ 13
Affakkelen gas	_____	_____	_____ 14
	Ongelukken	_____	_____ 15
Lozing water	[temperatuurverlaging Eems]	_____	_____ 16
		lozing halogenen + gehalogeneerde verbindingen	_____ 17
		stratificatie	_____ 18
Geluid	[beschadiging ingezogen larven van vis en andere organismen]	_____	_____ 19
		_____	_____ 20
		_____	_____ 21
Luchtverontreiniging	_____	_____	_____ 22
Volgindustrie	_____	_____	_____ 22

Fig. 13. Effectenserie.

Het voornaamste ecologisch relevante kenmerk van troebeling is de grootte van de in suspensie gebrachte deeltjes. Uit dit kenmerk volgen verschillende belangrijke eigenschappen, zoals de bezinksnelheid en daarmee samenhangend de verspreiding van de deeltjes door waterbeweging. Uiteindelijk leidt dit per plaats en per tijdstip tot verandering van de ecologisch belangrijke parameters:

- sedimentgehalte (waarbij de verdeling over verschillende groottefrakties van belang kan zijn);
- totaal oppervlakte van de sedimentdeeltjes in suspensie;
- doordringing van licht.

b. vrijkomen poriewater

Door baggeren komen grote hoeveelheden water uit de poriën tussen het sediment vrij. De hoeveelheid kan geteld worden op ongeveer de helft van de hoeveelheid baggerspecie. Dit water bevat veelal geen zuurstof doch relatief hoge concentraties gereduceerde zwavelverbindingen. Afname van de hoeveelheid zuurstof in de watermassa ten gevolge van menging met poriewater is waarschijnlijk alleen maar zeer dicht bij het baggerwerktuig meetbaar en biologische effecten zullen niet aantoonbaar zijn.

Van het in de bodem geaccumuleerde organische materiaal wordt een groot gedeelte door bacteriën in de bodem afgebroken (Vosjan, 1975). Bij deze biologische oxidatie treedt in de aerobe bovenste laag zuurstof op als elektronenacceptor, in de diepere lagen wordt daarentegen sulfaat gebruikt als elektronenacceptor en daarbij gereduceerd tot sulfide. In de Waddenzee worden op de platen concentraties van 80-900 μg FeS en 1600 μg FeS₂ per gram sediment gemeten. Bij een initiele resp. onderhoudsbaggerinspanning van 14.000 resp. 1250 m³ per dag kunnen ongeveer 8.400 resp. 750 kg sulfide in de vorm van gereduceerde zwavelverbindingen met een aerobe watermassa in contact komen. Onder optimale laboratorium omstandigheden kan sulfide snel geoxideerd worden tot zwavel. De halfwaardetijden liggen in de grootte orde van enige tientallen minuten (Vosjan, pers. meded.). Gesteld, dat aan de gehele zuurstofvraag voldaan kan worden bij de oxidatie van sulfide tot zwavel, voordat het geresuspendeerde materiaal weer sedimenteert, betekent dit een zuurstofvraag van 3.800 kg per dag voor het initiele baggerwerk en een blijvende zuurstofvraag van 340 kg per dag voor het onderhoudsbaggerwerk. Met deze behoefte kan ca. 3.800 resp. 340 m³ zeewater per dag zuurstofloos worden gemaakt. Omdat de gereduceerde verbindingen slechts in een gedeelte van het geulwater zullen vrijkomen (en niet zoals bij de berekening is aangenomen in de hele watermassa) zal in de buurt van het baggerwerktuig een veel grotere zuurstofvraag optreden.

Door een tweetal factoren kan de berekende zuurstofvraag een onderschatting zijn:

- oxidatie van sulfide tot zwavel is pas de eerste stap van een langere oxidatieketen. Het eindproduct van deze keten is sulfaat. Deze verdere stappen verlopen echter langzamer dan de oxidatie van sulfide tot zwavel (Vosjan, pers. meded.). Dit zal alleen bij de stortplaats optreden. De snelheid van het proces is onbekend.
- Naast gereduceerde zwavelverbindingen bevat het sediment nog andere gereduceerde verbindingen. Aangenomen mag echter worden, dat het merendeel van de gereduceerde verbindingen sulfiden zijn.

Uit ongepubliceerde gegevens van Rutgers v.d. Loeff blijkt, dat de concentratie van de diverse nutriënten in het sediment van de Waddenzee op ongeveer 40 cm diepte kan variëren van:

NH_4^+ - N	80-1500 $\mu\text{g}/\text{l}$
NO_3^- - N	0,5-5 $\mu\text{g}/\text{l}$
PO_4^{3-} - P	10-80 $\mu\text{g}/\text{l}$ (door de gebruikte methode is dit een onderschatting)
SiO_4^{4-}	50-550 $\mu\text{g}/\text{l}$

Indien per dag 7.000 resp. 600 m^3 interstitieel water vrijkomt kan per dag vrijkomen:

NH_4^+ - N	560-1050 gat	resp.	50-900 gat
NO_3^- - N	3,5- 35 gat	resp.	0,3- 3 gat
PO_4^{3-} - P	70- 560 gat	resp.	6- 50 gat
SiO_4^{4-}	350-3850 gat	resp.	30-330 gat

Ook aan het sediment gebonden zware metalen kunnen vrijkomen bij baggerwerkzaamheden. Omdat er tot dusverre geen relatie aangetoond is tussen de concentraties in het sediment en de uiteindelijke concentratie in het water is het voorspellend effect van concentratiemetingen gering. Om deze reden hebben literatuurgegevens ook geen voorspellende waarde voor de Waddenzee. Uiteindelijk zal daarom toch door metingen het werkelijk optredende effect bepaald moeten worden.

c. Verbreding vaargeul

De voorgenomen handeling voorziet voor hoogwatervvaart in plaatselijke verbreding van de vaargeul en het uitbaggeren van ankerplaatsen. Het betreft een oppervlakte van 1,88 miljoen m^2 en een hoeveelheid van 2,77 miljoen m^3 (tabel 12). Dit baggerwerk gaat vooral plaatsvinden in de noodankerplaatsen, in het Ranselgat bij ton 22 (zie fig. 2) en op de overgang Ranselgat - Doekegat - Eemshaven. Daarmee maakt men het tracé Huibertgat - Ranselgat - Doekegat - Eemshaven geschikt voor LNG-vaart.

Uit een rapport van de Bundesanstalt für Wasserbau (Samu, 1979) en een rapport van Rijkswaterstaat (1979) kan men konkluderen dat de hoofdstroom van het estuarium in de toekomst door deze gekozen vaargeul zal verlopen en dat dit tracé ook het meest stabiel is. De Oude Westereems zal aan betekenis verliezen. De onstabiele delen van het gekozen tracé zijn de Horsbornplaat in de overgang Huibertgat - Ranselgat en de overgang Ranselgat - Doekegat. Verwacht mag worden dat op deze plaatsen onderhoudsbaggerwerk zal worden uitgevoerd. Het onderhoudsbaggerwerk dat specifiek voor de LNG geul noodzakelijk zou zijn is minder dan het huidige duitse onderhoud, zodat Rijkswaterstaat geen toename van het onderhoud verwacht. Voor een nauwkeurige voorspelling van de hydrologische en morfologische gevolgen van de waterbouwkundige ingreep verwijzen beide rapporten naar een modelonderzoek van de Bundesanstalt für Wasserbau (Ohlmeyer, 1980).

In dit modelonderzoek werden de gevolgen van de verdieping en verbreding van de vaargeul voor de stroomsnelheden onderzocht (in een model met vaste bodem). De resultaten van de metingen van zowel de natuurlijke toestand als de hoogwatervvaart en de meest ingrijpende laagwatervvaart liggen binnen de optredende foutenmarge. Alleen in de toegang tot de Eemshaven is een geringe plaatselijke afname van de stroomsnelheid als een tendens herkenbaar. Het is moeilijk te voorspellen of de voorgenomen verdieping van de geulen morfologische gevolgen heeft. Lokale veranderingen zijn volgens de B.A.W. denkbaar, het modelonderzoek geeft geen uitsluitel over eventuele grootschalige morfologische veranderingen als gevolg daarvan. Het is naar de mening van de samenstellers van dit BOEDE-RIN rapport echter zeer onwaarschijnlijk dat baggeren t.b.v. LNG-hoogwatervvaart ingrijpende morfologische veranderingen tot gevolg zal hebben. Wel wordt in geringe mate voortgegaan op de weg die in 1976 door de Bondsrepubliek is ingeslagen, n.l. verruiming van de verbinding Ranselgat - Doekegat. Hierdoor kan de Oude Westereems morfologisch en hydrografisch aan betekenis gaan verliezen, maar zal niet verdwijnen.

Samengevat kan deze voorgenomen verbreding morfologisch als een versnelling van de natuurlijke ontwikkeling in het estuarium beschouwd worden, n.l. erosie van de vloedgeulen en verzanding van de ebgeulen.

d. aanvoer van sediment van elders

Een geul in een estuarium heeft een doorstroomprofiel waarvan de grootte in verhouding staat tot de hoeveelheid water die er met eb en vloed doorheen stroomt en tot de aard van het ter plaatse voorkomende sediment. Indien het doorstroomprofiel kunstmatig vergroot wordt zal meestal weer sedimentatie plaats vinden totdat weer een evenwichtstoestand bereikt wordt. Het is niet bekend waar het sediment vandaan komt, maar er bestaan enkele aanwijzingen, dat zand van het kustgebied aangevoerd wordt. Omdat deze materie nog te weinig onderzocht is kan op eventuele milieu-effecten niet nader worden ingegaan.

e. verstoring van vogels en zeehonden

Tijdens de initiele werkzaamheden en het onderhoudsbaggerwerk zullen baggerschepen en eventueel bakken aan en af varen tussen baggerplaatsen en stort- of losplaats.

f. storing bodemoppervlak

Indien opgebaggerd sediment niet commercieel bruikbaar is zal het worden gestort in het estuarium. Bij de stortplaats zal troebeling optreden en er zal een deel van de bodem steeds opnieuw bedekt worden met sediment. De stortplaatsen liggen ten noorden van de monding van de Westereems nabij de tonnen 2 en 8/R6 (fig. 2).

g. toename scheepvaart

Het primaire effect van vaargeulverbetering is dat het estuarium bereikbaar wordt voor zeer grote schepen. Of deze ook van deze mogelijkheid gebruik gaan maken hangt o.a. af van de industriële ontwikkelingen in het gebied. Een toename van de kleine scheepvaart hoeft niet verwacht te worden omdat daarvoor bij de bestaande diepte nauwelijks belemmeringen zijn.

Door beloodsing en sleepboothulp zal het aantal scheepvaartbewegingen toenemen. Op jaarlijks meer dan 10.000 scheepvaartbewegingen in beide richtingen is dit echter procentueel geen grote toename. Eventuele uitbreiding van radargeleidingssystemen zal plaats vinden door het bouwen van radartorens op de vaste wal. Het is niet bekend of deze in natuurgebieden gevestigd worden.

h. affakkelen van gas

Het is momenteel niet bekend of op de landinstallatie gas afgefakkeld moet worden. "Boil-off" van binnenkomende schepen kan voor een periode van 36 uur in de druktanks opgevangen worden. Indien het schip gedurende langere tijd niet binnen kan komen gaat het buitengaats op en neer varen, waarbij een deel van de boil-off verbrand wordt. Waarschijnlijk zal dit in een watergekoelde ketel gebeuren, zodat geen open vuur zichtbaar is.

i. lozing koud water

Lozing van water dat voor het gasvormig maken van LNG gebruikt wordt heeft een aantal primaire effecten. Er wordt een hoeveelheid van ca. $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ water geloosd met een temperatuur, die ca. 4°C lager ligt dan het water uit het Doekegat. Alleen in de winter als het in te nemen water te koud is wordt water tevoren opgewarmd, zodat zelfs het te lozen water nog enkele graden warmer is dan het omgevende water. Uit berekeningen met een rekenmodel zoals dat van Dorrestein en Otto (1960) blijkt dat de invloed van lozing van afgekoeld water geen meetbare verlaging van de temperatuur van het estuarium tot gevolg zal hebben. Door waterlozingen van een andere temperatuur dan de omgeving kan stratificatie optreden. In het turbulente Eems-estuarium is dit echter niet waarschijnlijk en het kan grotendeels voorkomen worden door toepassen van een diffusor.

j. toevoeging chloor

Om aan- en afvoerleidingen alsmede de condensor te vrijwaren van aangroei van o.a. mosselen en zeepokken wordt aan het in te nemen water chloor toegevoegd. Chloor wordt toegevoegd in de vorm van chloorbleekloog. Voor deze rapportage wordt gerekend op het toedienen van 500 ton chloorbleekloog per jaar. Bij de te gebruiken samenstelling betekent dit 75 ton actief chloor per jaar. Het werkzame bestanddeel is hoofdzakelijk hypochloriet (ClO^-).

Er is veel bekend over de directe toxische effecten van hypochloriet en het gedrag van hypochloriet in zoet water is redelijk goed bestudeerd. Uit onderzoek is echter wel duidelijk geworden dat nog zeer veel onzekerheden bestaan over de reakties van hypochloriet in natuurlijke systemen (Jolley, 1977/78). In de praktijk is gebleken dat het grootste gedeelte van het toegediende hypochloriet zeer snel verdwijnt. Bij toedienen van 5 ppm bij de inlaat, is nog maar 0,3-0,5 ppm bij de condensor aantoonbaar. Door het grote oxidatievermogen kan hypochloriet zich goed binden met zowel organische als anorganische verbindingen. Het opnemen van hypochloriet in zeewater gebeurt in twee fasen (Wong & Davidson, 1977). Binnen enkele seconden (Helz e.a., 1978) kan hypochloriet met bromide reageren en hypobromiet vormen volgens de reactie $\text{ClO}^- + \text{Br}^- \rightarrow \text{BrO}^- + \text{Cl}^-$. Zowel ClO^- als BrO^- reageren met organische stof in het water. De meeste analytische methoden maken geen onderscheid tussen hypochloriet en hypobromiet en de snelle verdwijning tussen toedienpunt en het meetpunt bij de condensor kan zowel op hypochloriet als hypobromiet slaan. In zeewater is het echter vrijwel zeker dat de aangroeiwerende verbinding BrO^- is en niet de reeds afgebroken ClO^- (Wong & Davidson, 1977). De snelle afname van de concentratie hypobromiet of hypochloriet is te wijten aan de reactie met organische bestanddelen in het water. De tweede fase in de afname van de concentratie is een langzame reactie, maar er is niets bekend over de chemische achtergrond van dit proces.

Organische koolstof speelt een zeer belangrijke rol in de snelle afbraak van hypochloriet. Helz e.a. (1978) vonden zelfs een correlatie van de waterkleur met de afbraaksnelheid, omdat de waterkleur veroorzaakt werd door de hoge concentratie polyphenolische verbindingen in het water. In de Eems komen relatief hoge concentraties voor (de Wolf, pers. comm.).

Pas zeer recent is aandacht geschonken aan de vorming van organische chloorverbindingen, omdat daartoe nieuwe analysetechnieken ontwikkeld moesten worden (Jolley e.a., 1977b). In oppervlaktewater zijn bijna 300 verschillende organische verbindingen aangetoond. Negentig procent van het opgelost organisch koolstof bestaat uit polyphenolische verbindingen, d.w.z. complexe polymeren met subunits zoals aromatische en alicyclische verbindingen die alcohol, carbonyl, carboxyl en phenolgroepen bevatten. Deze groepen reageren zeer snel met hypochloriet of hypobromiet. In het laboratorium werd aangetoond dat ongeveer 0,5 - 3% van aan zoet water toegediende hypochloriet reageerde tot stabiele gechloreerde koolwaterstoffen (Jolley e.a., 1977b). In zeewater worden gebromeerde koolwaterstoffen gevormd (Bätjer e.a., 1979). O.a. kunnen gevormd worden chloroform, bromoform, dichloorbroommethaan en chloordibroommethaan. Kopperman e.a. (1977) vonden in gechloreerde effluents van een zuiveringsinstallatie tetra en pentachloorphenolen, PCB's, DDT's, chlordane, nonachlor en toxaphene componenten. Deze stoffen worden niet aangetoond in niet gechloreerd effluent.

Helemaal nieuw, en nog niet goed onderzocht, is de theorie dat door chlorering de "kopercomplexeringskapaciteit" van zeewater minder wordt waardoor koperionen vrij kunnen komen (Carpenter en Smith, 1978).

4.3 Secundaire en biologische effecten

In deze sectie worden de effecten zoveel mogelijk gekwantificeerd. Voor de gevolgen van de hydrografische veranderingen gebeurt dat in deel 2 van dit rapport. De nummering van de paragrafen is dezelfde als die in fig. 13.

ad 1. Effect van baggeren

Door baggeren en zandzuigen wordt een deel van het bodemoppervlak verwijderd met alles wat daarop en daarin leeft. Het grootste deel van de bodemorganismen overleeft deze behandeling niet.

De directe schade is te kwantificeren als het product van de gebaggerde oppervlakte en de biomassa ter plaatse. De biomassa in de grote stroomgeulen is laag; Van Arkel & Mulder (1979) vonden slechts 1,8 g asvrij drooggewicht per m². Dit stemt overeen met de waarnemingen elders (bijv. Wolff & De Wolf, 1977). De schade aan de bodemfauna bedraagt voor het initieel baggerwerk $1,88 \times 1,8 \cdot 10^6$ gram = 3,4 ton en voor het blijvende onderhoudsbaggerwerk van de ankerplaatsen $0,19 \times 1,8 \cdot 10^6$ gram = 0,34 ton aan asvrij drooggewicht. Gezien de zeer lage biomassa's en de relatief geringe oppervlakte waar zal worden gebaggerd is de directe schade aan de bodemfauna klein.

Herstel van de toegebrachte schade treedt in de loop van enkele jaren op (J. de Vlas, ongepubl. resultaten; H. van der Veer, ongepubl. resultaten; Wolff, Sandee & De Wolf, 1977). Uiteraard zal herstel niet optreden indien voortdurend onderhoudsbaggerwerk wordt uitgevoerd.

ad 2. Direct effect van zwevende deeltjes

Vele Waddenzeebewoners (mossel, kokkel, zeepokken, verschillende borstelwormen) verkrijgen hun voedsel door het langstromende water op één of andere wijze uit te zeven. Alle vaste deeltjes in een bepaalde grootteklasse worden daarbij achtergehouden, waarna op verschillende manieren wordt bewerkstelligd, dat de organische deeltjes kunnen worden verteerd, terwijl de anorganische deeltjes weer kunnen worden afgescheiden. Voor dit proces is energie nodig, die alleen kan worden onttrokken aan de energie in het voedsel, die ook beschikbaar moet zijn voor andere levensprocessen, zoals bijvoorbeeld groei en voortplanting. M.a.w. een grote behoefte aan energie voor de scheiding van slib en voedsel zou ten koste kunnen gaan van de groei van diverse bodemdieren. Verhoogde sedimentgehalten zouden dus kunnen leiden tot verminderde productie van organisch materiaal ("vlees") door de dieren.

Een andere mogelijkheid is, dat de bouw van de organen voor voedselopname niet toelaat, dat ze fungeren bij een sedimentgehalte boven een bepaalde drempelwaarde. Sherk, O' Connor & Neumann (1975) vermelden, dat de planktonische roeipootkreeftjes *Eurytemora affinis* en *Acartia tonsa*, - die ook in de Eems voorkomen -, een significante remming van hun voedselopname vertoonden bij toevoeging van fijn zand, vollersaarde en estuarien slib aan een suspensie van ééncellige algen. Bij 100 mg/l was de reductie bij *Eurytemora* 15-30% en bij *Acartia* 50-70%, bij 500 mg/l resp. 35-60% en 65-85%.

Loosanoff & Tommers (1948) vermelden sterke teruggang (57%) in de filtratiesnelheid van volwassen Amerikaanse oesters,

welke kunnen dienen als voorbeeld van filtrerende bodemdieren bij toevoeging van 100 mg. gesuspenderde vaste stof per liter aan het zeewater. Bij 3 g sediment per liter was de teruggang zelfs 94%.

Bovendien bleken de groei en overleving van eieren en larven van deze oesters significant nadelig te worden beïnvloed door sediment concentraties vanaf 188 mg/l (Davies & Hidu, 1969). De Europese oester bleek minder gevoelig, doch ook bij deze soort werd de groei van de larven duidelijk negatief beïnvloed door silt concentraties vanaf 250 mg/l. Opmerkelijk is, dat de fractie <5 micron een veel groter effect heeft dan de fracties van 5 - 50 micron. Vrins (1978) vond sterke aanwijzingen voor een verminderde groei van kokkels in het Eems-gebied.

Vrijwel alle Waddenzeedieren onttrekken zuurstof aan het Waddenzeewater en staan daaraan weer koolzuur af via kieuwen of kieuwachtige structuren. Het is mogelijk, dat bepaalde diersoorten (schelpdieren, krabben, wormen, vissen) niet of slecht in water met een hoog sedimentgehalte kunnen leven, omdat de werking van hun kieuwen daardoor nadelig wordt beïnvloed.

Sherk, O'Connor & Neumann (1975) vermelden de resultaten van experimenten met zeven soorten vissen, die in Amerikaanse estuaria voorkomen. 50% van de individuen van deze soorten stierf binnen 24 uur bij sedimentgehalten van 2,5 - 128,2 g/l. Deze experimenten, waarbij de lethale dosis voor 50% van de individuen (LC_{50}) wordt bepaald, zijn echter een zeer ruwe maat voor de invloed van een stof op een ecosysteem. Wel valt op, dat speciaal de haringachtige vissen als zeer gevoelig uit deze experimenten naar voren kwamen. Bodemvissen bleken veel toleranter. Ook de jonge levensstadia bleken gevoeliger dan de volwassen dieren.

Blootstelling van verschillende vissoorten aan sedimentgehalten van 0,65 - 1,24 g/l leidde tot significante veranderingen in de bloedsamenstelling. Deze waren niet te onderscheiden van veranderingen, welke bij andere experimenten werden veroorzaakt door zeer lage zuurstofgehalten. Bovendien kon na een verblijf van 5 dagen in een sedimentgehalte van 0,65 g/l duidelijke schade aan de kieuwen worden vastgesteld.

Vergroting van het totaal oppervlak van de in suspensie zijnde deeltjes zou kunnen leiden tot verhoogde bacteriële activiteit. Dit zou vele effecten kunnen hebben, waarvan één een verlaging van het zuurstofgehalte van het water zou kunnen zijn. Handboeken op het gebied van de microbiologie zijn het er over eens, dat oppervlaktevergroting door gesuspenderd materiaal een rol kan spelen bij de versnelling van microbiologische processen. Literatuurvermelding over dergelijke effecten door baggerwerkzaamheden en dergelijke konden echter niet worden gevonden. Nederlandse microbiologen, die over dit onderwerp geconsulteerd zijn, meenden dat dergelijke effecten in de Waddenzee of Eems nauwelijks waarneembaar zullen zijn.

Deze materie wordt uitgebreid behandeld in een nog niet gepubliceerd rapport van Rijkswaterstaat over o.a. de ecologische effecten van zandwinning in de Waddenzee.

ad 3. Hydrografische effecten

Over de te verwachten hydrografische effecten en de daaruit voortvloeiende biologische gevolgen zal in een nog te verschijnen deel 2 van dit rapport nader gerapporteerd worden.

ad 4. Effecten van de vermindering van de lichtintensiteit in het water

De primaire productie in het water

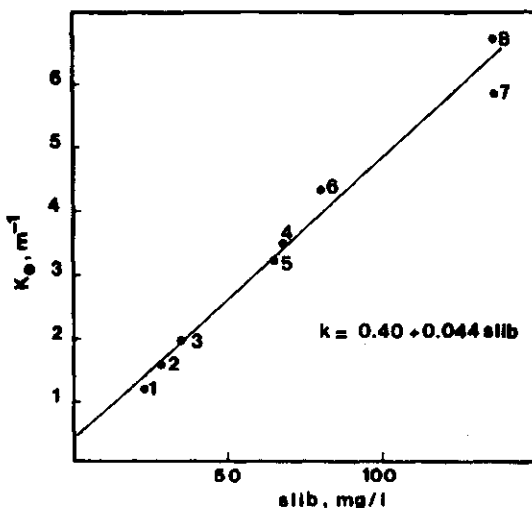
Zoals uit het voorgaande blijkt is één van de gevolgen van de baggerwerkzaamheden het in het water brengen van sediment. Deze verhoogde gehalten zullen direkt leiden tot een afname van de lichtdoordringing in het water. Deze lichtdoordringing is getalsmatig te beschrijven met de verticale extinctiecoëfficiënt (k_e). Uit recent onderzoek (Ludden, 1980; Colijn, in voorbereiding) blijkt dat in het Eems estuarium deze coëfficiënt k lineair afhankelijk is van de slibconcentratie in het water (zie figuur 1). Dit betekent dat een verhoging van het slibgehalte tot voorspelbare verhoging leidt in de k -waarden. Postma (1961) vond ook een lineair verband tussen sedimentconcentratie en lichtdoordringing als gemeten met de Secchi schijf.

In het door Ludden gemaakte rekenprogramma wordt de primaire produktie berekend op grond van de hoeveelheid lichtenergie op de verschillende dieptes in de waterkolom. De verdeling van deze lichtenergie wordt beschreven met behulp van de k -waarde.

De hoge primaire produktie in het buitengebied van het Eems-Dollard estuarium (2.3.2.1) wordt beperkt door de mate van troebelheid in dit gebied. Bij toenemende troebelheid (lagere k -waarden, minder slib) zal de primaire produktie kleiner worden. De produktie in het buitengebied is nu beperkt tot de bovenste waterlaag van 5-7 meter.

Uit het onderzoek van Ludden (pers. meded.) blijkt dat de primaire produktie proportioneel afneemt met een toename in de verticale extinctiecoëfficiënt.

Uit fig. 7 blijkt dat het merendeel van de primaire productie in het buitengebied plaatsvindt in de maanden mei, juni en juli. In de zomermaanden wordt ook de grootste baggerinspanning verwacht. Toename van de baggerwerkzaamheden in het buitengebied - en die wordt afgezien van het initiele baggerwerk zéér globaal op ca. 12½ % gesteld - kan dus tot vermindering van de primaire produktie leiden.



Figuur 14. Relatie tussen slibgehalte ($mg.l^{-1}$) en de verticale extinctiecoëfficiënt ($k_e.m^{-1}$) voor 8 boeien in het Eems-Dollard gebied (gemiddelde waarden over 1976, 1977, 1978 en 1979).
1 = boei 17, 2 = boei 25,
3 = boei 35, 4 = boei 45,
5 = boei BvW 8, 6 = PS1,
7 = Doll. 5, 8 = Doll. 15.

Hierbij wordt verondersteld dat alleen de lichtintensiteit de produktiesnelheid bepaalt en verhoogde slibconcentraties geen andere effecten hebben. Wanneer er voldoende kennis omtrent de verhoging van het slibgehalte voorhanden zou zijn, zou een schatting van de verwachte produktieafname gemaakt kunnen worden. Deel 2 gaat hier nader op in.

Een voorbeeld van een effect is dat de voorjaarspiek in de ontwikkeling van planktonische algen in de Oosterschelde geheel weg viel in het jaar dat de pijlers van de Oosterschelde brug werden gebouwd. Hierbij kwam toen veel slib vrij (gegevens Drs. C. Bakker, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek);

Over de secundaire effecten van de eventuele verminderde produktie in het buitengebied van het Eems-estuarium valt weinig met zekerheid te zeggen. Zoals in 2.3.2.1 is betoogd zou een aantal mogelijkheden zich voor kunnen doen:

- a. een geringere produktie leidt tot een geringer voedselaanbod voor herbivoren zoöplankton in het buitengebied en misschien ook meer naar binnen toe. Een lagere zoöplanktonbiomassa zou van invloed kunnen zijn op de pelagische organismen, zoals bepaalde vissoorten.
- b. een geringere phytoplankton-produktie leidt tot lagere detritusconcentraties in het estuarium. Kwantitatief valt echter niet te zeggen welk deel van het phytoplankton opgegeten wordt en welk deel afsterft en dan detritus wordt.
- c. filter-feeders uit het macrobenthos zullen als gevolg van de lagere concentratie aan phytoplankton cellen meer energie moeten besteden om in hun voedselbehoefte te voorzien.
- d. gebieden in het estuarium, waar de primaire produktie laag is, zoals de Dollard en derhalve wellicht aangewezen zijn op aanvoer van voedsel van elders zullen minder voedsel ontvangen. Uit onderzoek van Van Arkel en Mulder blijkt dat de biomassa van het macrobenthos in de Dollard nu al laag is vergeleken met andere vergelijkbare delen van de Waddenzee. Een verklaring voor deze lage biomassa waarden is nog niet te geven.

Het is momenteel nog niet duidelijk welke factoren de verspreiding en dichtheid van bentische organismen bepalen. Er is een hypothese die stelt dat in een estuarium een overvloed van organisch materiaal aanwezig is. Populaties zouden dus nooit door voedsel gelimiteerd worden, maar ongunstige milieufactoren zouden de reden zijn dat dieren niet in grote dichtheden voorkomen. Er is een tweede hypothese die stelt dat er weliswaar een grote hoeveelheid organisch materiaal aangevoerd wordt, maar dat het merendeel van dit materiaal bestaat uit voor benthos onverteerbare organische verbindingen. De bentische organismen zouden volgens deze hypothese dus wel door de beschikbare hoeveelheid voedsel gelimiteerd worden.

Indien de groei van bodemdieren gereguleerd wordt door het voedselaanbod zal vermindering van het voedselaanbod resulteren in een geringere groei van bodemdieren in de Dollard en tenslotte in een verminderd aanbod van voedsel voor carnivoren, zoals de grote aantallen vogels in de Dollard.

Gebrek aan kennis maakt uitspraken op de bovengenoemde punten moeilijk. In de eerste plaats is de toename van de troebelheid nog niet te kwantificeren, verder ontbreken voldoende gegevens over het transport van organische stof in het estuarium. Een koolstofbalans zoals Van Es (1977) die voor de Dollard heeft opgesteld kan voor het gehele estuarium nog niet gemaakt worden. Aan-

wijzingen dat een netto-transport van primair geproduceerd particulier materiaal optreedt vanuit het buitengebied naar binnen toe zijn echter voorhanden (zie 2.3.2.1).

Verschillende hogere organismen (vissen, vogels, zeehonden) zijn, soms ten dele, op hun gezichtsvermogen aangewezen bij het vangen van hun prooi. Verminderde zichtbaarheid van de prooi door toegenomen troebelheid zou er toe kunnen leiden, dat onvoldoende voedsel gevangen wordt, waardoor de diersoort het gebied zal moeten verlaten.

Literatuur over de invloed van troebelheid op het voedselzoekgedrag van gewervelde dieren is niet gevonden. De sterke toeneming van visetende vogels in de Grevelingen na de afsluiting in 1971 wordt door Wolff, Van Haperen, Sandee, Saijs & Baptist (1976) echter toegeschreven aan de toegenomen helderheid van het water door bezinking van sediment.

ad 5. Vrijkomen poriewater

De effecten van de vermindering van de zuurstofconcentratie en toename van nutriënten en zware metalen zijn waarschijnlijk klein. Deel 2 gaat hier nader op in.

ad 6. Verandering wateruitwisseling met Dollard en Noordzee

De veranderingen in stroomsnelheden, die in het modelonderzoek van de Bundesanstalt für Wasserbau gemeten zijn, lagen binnen de optredende meetfouten in het onderzoek. Daardoor kunnen geen effecten op transport van voedingsstoffen, eieren, plankton en detritus en op de migratie van larven en jonge vis worden voorspeld.

ad 7. Sedimentatie Oude Westereems

Het in betekenis achteruitgaan van de Oude Westereems als stroomgeul heeft geen nadelige effecten op organismen in dat gebied. Geleidelijke veranderingen van geulsystemen zijn normale verschijnselen in de Waddenzee. Over eventuele effecten ten gevolge van hydrografische veranderingen zal nader worden gerapporteerd in deel 2.

ad 8. Aanvoer van materiaal van elders

Hier kan op dit moment door gebrek aan informatie niet nader op worden ingegaan.

ad 9. Verstoring van vogels en zeehonden

Verstoring van zowel rustende zeehonden als fouragerende vogels zal in zekere mate kunnen plaatsvinden tijdens baggerwerkzaamheden gedurende de laagwaterperiode. De mate van verstoring zal over het algemeen klein zijn omdat relatief ver van droogvallende wadgedeelten gebaggerd wordt (figuur 1).

ad 10. Effect van storing van het bodemoppervlak door het storten van baggerspecie

Het directe effect van het storten van baggerspecie is dat de bodem van de stortplaats wordt bedolven onder een laag sediment.

De dikte van deze laag zal in het algemeen afnemen met toenemende afstand tot het centrum van de stortplaats. Door een dunne laag sediment zullen de meeste bodemdieren wel omhoog kunnen kruipen, doch aangenomen moet worden dat op een deel van de stortplaats zich zo'n dikke laag sediment bevindt, dat alle aanwezige bodemdieren verstikken.

In het algemeen zijn de jongste stadia het gevoeligst.

Er zijn geen gegevens bekend over de samenstelling en de biomassa van de bodemfauna op de stortplaatsen van de baggerspecie (ten noorden van de monding van de Westereems), zodat de mogelijke schade aan de bodemfauna niet te kwantificeren is. Vermoedelijk zal deze echter relatief klein zijn, omdat de fauna in deze gebieden waarschijnlijk arm is.

Dit wil niet zeggen dat een grote serie van relatief kleine invloeden op de lange duur niet schadelijk zal zijn. Er bestaan sterke aanwijzingen dat het cumulatief effect van alle baggerwerkzaamheden in het Eems estuarium zo ernstig is dat een aantal soorten vis en benthische organismen niet meer in het gebied voorkomen.

Voor het herstel van de bodemfauna op de stortplaatsen mag vermoedelijk met dezelfde tijdsduur gerekend worden als voor de fauna op de plaatsen waar gebaggerd wordt. Indien het storten echter regelmatig weerkeert, zal van herstel nauwelijks sprake kunnen zijn.

ad 11. Suspensie van deeltjes door storten van baggerspecie

De effecten van suspensie van deeltjes in de buurt van stortplaatsen zijn geheel vergelijkbaar met de effecten zoals beschreven onder punt 1 t/m 4. Omdat geen nadere gegevens beschikbaar zijn over de te verwachten toename van troebelings kunnen deze effecten niet nader gekwantificeerd worden.

ad 12. Toename van scheepvaart

Door een toename van scheepvaartbewegingen kan de kans op ongelukken toenemen. Als hierbij schadelijke stoffen vrijkomen (b.v. olie of chemicaliën) zijn de gevolgen vooral in de meer naar binnen gelegen delen van het Eems-Dollard estuarium ernstig vanwege de relatief lange verblijftijd en de geringe uitwisseling van het water met de Noordzee. Naast het water zelf zijn ecologisch belangrijke gebieden die met het water in aanraking kunnen komen: de kwelders en landaanwinningwerken, (de belangrijkste liggen op de eilanden Rottumerplaat, Rottumeroog, Borkum, Memmert en Juist, langs de Groninger noordkust in de Leybocht en de Dollard) en de droogvallende wadplaten in de aangrenzende Waddenzee en de Eems-Dollard (zie fig. 1). Het is onuitvoerbaar dergelijke gebieden in geval van een ongeluk voor verontreinigd water af te sluiten.

ad 13. Verstoring van vogels en zeehonden door verkeersbegeleiding, beloodsing en sleepboten

Er wordt niet verwacht dat veel verstoring door deze scheepvaartbewegingen op zal treden omdat het om geringe aantallen kleine schepen gaat die alleen in de grote scheepvaartgeulen varen.

ad 14. Affakkelen gas

Omdat naar alle waarschijnlijkheid geen lichtbron aanwezig zal zijn hoeven geen negatieve effecten van het affakkelen van het gas verwacht te worden. Door een schip dat boil off verbrandt, wordt wel warm water geloosd. Omdat dit slechts incidenteel en dan op open zee gebeurt terwijl het schip vaart zullen de effecten niet meetbaar zijn.

ad 15. Ongelukken

Indien grote ongelukken op de LNG-terminal of de LNG-schepen plaatsvinden moet er op gerekend worden dat in het ernstigste geval alle levende organismen, binnen een straal van enkele honderden meters, gedood zullen worden. Rond laagwater zullen de gevolgen over het algemeen ernstiger zijn dan rond hoogwater. De effecten zullen alleen fataal zijn voor individuele organismen. Er kan verwacht worden dat de populaties zich weer zullen herstellen. Kwantitatieve voorspellingen kunnen niet gedaan worden omdat er weinig of geen ervaring is met ernstige ongelukken van LNG-terminals of - tankers.

ad 16. Temperatuurverlaging Eems

Omdat de temperatuurverlaging als gevolg van de lozing op enige afstand van het lozingspunt niet meer aantoonbaar zal zijn, zullen de biologische effecten zo klein zijn, dat ze niet meetbaar zijn.

ad 17. Lozing van halogenen en gehalogeneerde verbindingen

Toxische effecten van vrij chloor zijn reeds zeer lang bestudeerd. Een uitgebreid overzicht van de bestaande literatuur tot 1976 wordt gegeven door Brungs (1976). Hieruit blijkt duidelijk dat chloor en hypochloriet zeer toxisch zijn voor aquatische organismen. Bij een nadere bestudering van de literatuur blijkt dat er dikwijls grote verschillen bestaan tussen resultaten van laboratorium experimenten en veldwerk. Het is moeilijk om experimentele resultaten te extrapoleren en op die wijze conclusies over veldsituaties te trekken. Hypochlorietconcentraties die zo laag waren dat ze met de gebruikelijke methodes niet aangetoond konden worden in de uitvoer van een elektrische centrale, verminderden de phytoplanktonproductie met 79% (Carpenter e.a., 1972). Ook werd een afname van ATP van 55-77% aangetoond in marien phytoplankton bij hypochlorietconcentraties van rond 0.01 mg/l (Gentile & Davies, geciteerd in Davis & Middaugh, 1977).

Hypochloriet heeft een negatief effect op de voortplanting van zoöplankton (Gehrs & Southworth, 1977). Zelfs als geen sterfte optreedt kan een verlaging van de reproductie grote effecten hebben voor de populaties. Er zijn aanwijzingen dat zeer lage hypochlorietconcentraties die met normale analysetechnieken niet gemeten kunnen worden de broedval van schelpdieren (oesters) sterk negatief beïnvloeden (Bellanca & Bailey, 1977).

In recent onderzoek naar de mogelijke oorzaak van massale vissterfte vonden Bellanca en Bailey (1977) dat de vissterfte verdween nadat geen hypochloriet meer geloosd werd. In laboratorium experimenten bij verschillende concentraties vonden ze of 100% sterfte, of 100% overleving. Bij lage concentraties traden wel wild zwemgedrag en ongecontroleerde bewegingen op. Bij dieren die in het veld gestorven waren werden veel gebroken

ruggen gevonden, die waarschijnlijk een gevolg waren van onbeheerste spiercontracties. In het laboratorium werd dit niet gevonden zodat het mogelijk een effect is van langdurige blootstelling aan zeer lage concentraties of misschien bijwerkingen van andere, in het veld door chlorering geproduceerde stoffen.

Weinig is bekend over lange termijn effecten van lage chloordoseringen, maar er zijn aanwijzingen dat gemeenschappen van benthische algen en invertebraten duidelijk negatief beïnvloed worden door lage continue chlorering (Davis & Middaugh, 1977).

Omdat in de meeste gevallen hypochloriet concentraties niet goed gemeten zijn, is het niet mogelijk de literatuurreferenties over effecten met elkaar te vergelijken en kwantitatieve voorspellingen over effecten bij een bepaalde hoeveelheid hypochloriet zijn dus ook niet te geven.

Zoals reeds eerder gesteld (hfst 4.2) komen in zeewater ca. 60 ppm bromidezouten voor. Deze worden door chloor geoxideerd zodat broom vrijgemaakt wordt. De effecten van broom moeten dus ook worden gezien.

Chlorering van oppervlaktewater met relatief hoge concentraties organisch materiaal kan resulteren in de vorming van gechloreerde organische verbindingen. Weinig is bekend over de effecten op mariene organismen omdat de ernst van de problematiek pas sinds enkele jaren onderkend wordt, maar er kan verondersteld worden dat de potentiële effecten vergelijkbaar zijn met de bekende effecten van DDT en PCB's (Goldman, 1979). Als chloor gebonden wordt aan organische molekulen wordt het meestal beter oplosbaar in vet, en over het algemeen neemt de toxiciteit en bioaccumulatie toe (Kopperman, e.a., 1977). Bioaccumulatie van gechloreerde koolwaterstoffen welke door chlorering gevormd waren werd aangetoond door Kopperman (1977) en Glare (pers. comm. in Jolley, 1977).

Chlooramines en broomamines die gevormd worden als ammonia aanwezig is (Goldman e.a., 1978) zijn meer persistent dan vrije halogenen en daarom meer toxisch. Gebromeerde koolwaterstoffen zijn enkele tientallen keren zo giftig als gechloreerde koolwaterstoffen. Veel van deze verbindingen zijn carcinogeen (Bätjer, e.a., 1979).

De negatieve effecten van chloor en chloorverbindingen worden langzaam maar met grote zekerheid steeds beter onderkend, en er wordt veel onderzoek naar gedaan. Het zal nog wel enkele jaren duren voordat harde uitspraken gedaan kunnen worden.

Er kan geconcludeerd worden dat de rechtstreekse sterfte door chloor een relatief kleinschalig effect is omdat slechts 10 m^3 koelwater per seconde geloosd wordt. Dat is minder dan 1% van het water dat langs de Eemshaven stroomt. De eventuele vorming van gechloreerde en gebromeerde koolwaterstoffen vormt mogelijk een zeer ernstig probleem.

ad 18. Stratificatie

Omdat niet verwacht wordt dat stratificatie op zal treden worden geen biologische effecten verwacht.

ad 19. Beschadiging van ingezogen larven en andere organismen

Organismen die met het water naar binnen worden gepompt overleven dit waarschijnlijk niet (Goldman, 1979) als gevolg van de mechanische beschadiging, drukveranderingen en chloortoediening.

Aangezien de hoeveelheid te gebruiken water minder zal zijn dan 1% van de hoeveelheid die langs de Eemshaven stroomt, zullen de effecten niet aantoonbaar zijn.

ad 20. Geluid

Vrijwel elke industrie brengt geluid met zich mee dat in een natuurgebied door de mens als storend wordt ervaren. Bij de LNG-installatie zullen de gasbranders die in de winter het water opwarmen het meeste lawaai maken. Er wordt echter niet verwacht dat vogels of zeehonden in belangrijke mate verstoord zullen worden door het geluid van de LNG-terminal.

ad 21. Luchtverontreiniging

Het vergassen van LNG is een relatief schone industrie waarbij weinig luchtverontreiniging optreedt. De grootste verontreiniging zal komen van de gasbranders die in de winter gebruikt worden. Emissiegegevens zijn nog niet beschikbaar, maar van de uitstoot wordt niet verwacht dat de effecten op het Waddenzee systeem ernstig zijn.

ad 22. Volgindustrie

Weinig informatie is beschikbaar over mogelijke volgindustrieën en daardoor is het moeilijk hierover conclusies te trekken. Een eventueel te vestigen kolenvergassingsbedrijf kan zeer milieuvriendelijk zijn (emissiegegevens van enkele bestaande installaties op pag. 260 eindrapport Eemsmondonderzoek, Milieukundig Studiecentrum Groningen). Bovendien zijn de sintels een groot probleem, alleen op te lossen door afvoer of verwerking.

Nadere rapportage over de effecten is noodzakelijk zodra plannen voor volgindustrie een vastere vorm aannemen.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Het Eemsmondgebied wordt beschreven in hoofdstuk 2. Een meer uitgebreide hydrografische beschrijving zal volgen in een nog te verschijnen tweede deel van deze rapportage. In hoofdstuk 3 wordt een beschrijving van de voorgenomen handeling gegeven. De belangrijkste werkzaamheden zullen bestaan uit de bouw van de terminal en het verbreden en onderhouden van de vaargeul. De te verwachten effecten worden beschreven in hoofdstuk 4. De mogelijke effecten worden schematisch weergegeven in figuur 13 en met de beschikbare kennis zoveel mogelijk gekwantificeerd.

Geen ecologische effecten worden verwacht van:

- verandering van wateruitwisseling tussen Dollard, Eems en Noordzee (6);
- extra sedimentatie in de Oude Westereems (7);
- affakkelen van gas (14);
- stratificatie van het Eemswater door lozing van afgekoeld water (18) en van
- luchtverontreiniging (21).

Verwaarloosbare ecologische effecten worden verwacht van:

- vrijkomen van poriewater door baggeren (5);
- verstoring van vogels en zeehonden tijdens baggerwerkzaamheden (9) en door verkeersbegeleiding (13);
- lozing van afgekoeld water (16);
- beschadiging van organismen die met af te koelen water naar binnen gezogen worden (19) en
- verhoogde geluidsproductie (20).

Relatief kleine, doch duidelijke effecten worden verwacht van:

- vernietiging van bodemfauna door baggeren (1) en
- vernietiging van bodemfauna door storten van baggerspecie (10).

Belangrijke effecten kunnen mogelijk zijn door:

- de vorming van gechloreerde of gebromeerde koolwaterstoffen (17);
- ongelukken met schepen (12) of de LNG terminal (15);
- beschadiging van aquatische organismen door zwevende slibdeeltjes afkomstig van baggerwerk en storten van baggerspecie (2) (11) en
- afname van phytoplanktongroei door vermindering van lichtintensiteit (4), vooral indien het baggerwerk in het zomerhalfjaar wordt uitgevoerd.

Over de hydrografische aspecten (3) en hun relatie met de laatstgenoemde effecten (2, 4 en 11) wordt gerapporteerd in deel 2 van dit rapport. De effecten van aanvoer van materiaal van elders (8), dat zou kunnen optreden om een sedimenttekort aan te vullen, zijn door gebrek aan informatie hierover onbekend. Op de effecten van eventuele volginindustrie (22) is niet ingegaan.

De natuurlijke waarden van het Eems-estuarium zijn de laatste tientallen jaren aanzienlijk verminderd. De troebelheid lijkt te zijn toegenomen (zie deel 2), afvalwater met hoge concentraties chemicaliën en organisch materiaal wordt geloosd, waterbouwkundige werken zijn en worden uitgevoerd en landschappelijk wordt het gebied aangetast door o.a. hoge bebouwing. Effecten van dergelijke ingrepen kunnen vaak niet gemeten worden omdat onder natuurlijke omstandigheden reeds grote variaties in aantallen, productie en gedrag van allerlei organismen voorkomen. Alle ingrepen tesamen kunnen op deze manier echter een sluipende achteruitgang veroorzaken. Elke verdere ingreep zal dit effect nog versterken. Dit geldt ook voor die effecten van de aanlanding van vloeibaar aardgas die op zich onbelangrijk lijken.

Ondanks het feit dat er reeds jaren onderzoek in het Eems-gebied wordt verricht, bleek de beschikbare informatie onvoldoende om meer te kunnen geven dan globale, kwalitatieve voorspellingen. Dit blijkt onder meer veroorzaakt te worden door nog onvoldoende inzicht in de wijze waarop en de mate waarin veranderingen in het fysisch milieu doorwerken in ecologische processen. Om dit inzicht te verkrijgen zal nog veel onderzoek noodzakelijk zijn, zodat niet mag worden verwacht dat op korte termijn verdergaande conclusies over de ecologische effecten van de aardgasaanlanding kunnen worden getrokken dan in deze studie is gedaan.

6. LITERATUUR

- Baretta, J.W., 1980. Het zoöplankton van het Eems-Dollard estuarium, soorten, aantallen, biomassa en seizoensfluctuaties. BOEDE publicaties en verslagen 5-1980: 40 pp.
- Bätjer, K., J. Faust, B. Gabel, M. Koschorrek, U. Lahl, K. Lierse, M. Schirmer, B. Stachel, W. Thiemann, 1979. Untersuchung über die Verteilung von leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen im Bremer Trinkwasser. Information zu energie und Umwelt Teil B nr. 2. Universität Bremen, redakt. Prof. pr. Inge Schmitz-Feuerhake.
- Bellanca, M.A., David S. Bailey, 1977. Effects of chlorinated effluents on aquatic ecosystem in the lower James River. Journ. Water Pol. Control. Fed. 49 49(4) 639-645.
- Beukema, J.J., 1976. Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on the tidal flats of the dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 10(2): 236-261.
- Beukema, J.J., 1980. The role of the larger invertebrates in the Wadden Sea ecosystem. In: N. Dankers, H. Kühl & W.J. Wolff (eds.), Invertebrates of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam (in press.).
- Braaksma, S., 1973. Over de vogelwereld van Rottumeroog en Rottumerplaat. Waddenbulletin 8-2: 2-10.
- Brungs, W.A., 1976. Effects of wastewater and coolingwater chlorination on aquatic life. Environmental protection agency, Ecol. Res. Rep. EPA-600/3-76-098.
- Cadée, G.C. en J. Hegeman, 1974 a. Primary production of phytoplankton in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 8: 240-259.
- Cadée, G.C. & J. Hegeman, 1979. Phytoplankton primary production "chlorophyll and composition in an inlet of the western Wadden Sea (Marsdiep). Neth. J. Sea Res. 13: 224-241.
- Carpenter, E.J., B.B. Peck & S.J. Anderson, 1972. Cooling water chlorination and productivity of entrained phytoplankton. Mar. biol. 16: 37-40.
- Carpenter, J.H. and C.A. Smith, 1978. Reactions in chlorinated seawater. In: Jolley R.L. ed Water chlorination Vol 2. Ann. Arbor Science 1978, p. 195-208.
- Colijn, F., 1979. Primary production measurements in the Ems Dollard estuary. Intern. BOEDE-rapport 1979.
- Dahl, H.J. & H. Heckenroth, 1978. Landespflegerisches Gutachten zur Emsumleitung durch den Dollart. Veröffent. des Nieders. Landesverwaltungsamtes - Naturschutz, Landschaftspflege, Vogelschutz. Hannover. Heft 6: 214 pp.
- Dankers, N.M.J.A. & J.F. de Veen, 1978. Variations in relative abundance in a number of fish species in the Wadden Sea and the North Sea coastal areas. In: N.M.J.A. Dankers et al. (eds.). Fishes and fisheries of the Wadden Sea. Report 5 of the Wadden Sea Working Group. Balkema, Rotterdam: p. 77- 105.
- Davis, W.P. & D.P. Middaugh, 1977. A revised review of the impact of chlorination processes upon marine ecosystems, update 1977. In: Jolley, R.L. ed. Water Chlorination Vol. Ann. Arbor Science 1977, p. 283-311.
- Davis, H.C. & H. Hidu, 1969. Effects of turbidity producing substances in sea water on eggs and larvae of three genera of bivalve mollusks. The veliger 11: 316-323.
- Dijkema, K.S., W.J. Wolff & H.-E. Reineck, 1980. Geomorphology of the Wadden Sea area. Report 1 of the Wadden Sea Working Group. Balkema, Rotterdam: 136 pp.
- Es, F.B. van 1977. A preliminary carbon budget for a part of the Ems estuary: The Dollard. Helgoländer wiss. Meeresunters. 30, 283-294 p.
- Fee, F.J., 1973. Modelling primary production in waterbodies: a numerical approach that allows vertical inhomogeneities. J. Fish. Res. bd. Canada 30: p. 1469-1473.

- Gehrs, C.W. & G.R. Southworth, 1977. Investigating the effects of chlorinated organics. In: Jolley, R.L. ed. Water Chlorination vol. 1. Ann. Arbor Science 1977, p. 329-344.
- Gerritse, W.G. & S. Braaksma, 1977. Excursieverslag eiland Rottumerplaat 7 t/m 11 juli 1977, 4 pp.
- Glopper, R.J. de, 1967. Over de bodemgesteldheid van het Waddengebied. Van Zee tot Land 43: 67 pp.
- Goethe, F., 1962. Das Seevogelschutzgebiet Lütje Horn. Luscinia (Festschrift): 67-76).
- Goldman, J.C., 1979. Chlorine in the marine environment. Oceanus 22: 36-43.
- Goldman, J.C., J.M. Capuzzo & G.T.F. Wong, 1978. Biological and chemical effects of chlorination at coastal power plants. In: Jolley R.L. ed. Water chlorination vol 2 Ann. Arbor Science 1978 p. 291-306.
- Helz, G.R., & Sugam & R.Y. Hsn., Chlorine degradation and halo-carbon production in estuarine waters. In: Water chlorination Vol 2. Ann. Arbor Science, 1978. p. 209-222.
- Hoek, C. van den, W. Admiraal, F. Colijn & V.N. de Jonge, 1979. The role of algae and seagrasses in the ecosystem of the Wadden Sea: A review. In: Wolff, W.J. ed. Flora and vegetation of the Wadden Sea, Balkema Rotterdam.
- Hustedt, F., 1939. Die Diatomeenflora des Küstengebietes der Nordsee vom Dollart bis zur Elbemündung. I. Die Diatomeenflora in den Sedimenten der unteren Ems sowie auf den Watten in der Leybucht, des Memmert und bei der Insel Juist. Abh. Nat. Ver. Bremen 31: p. 572-677.
- Jolley, R.L., 1977. Water chlorination: environmental impact and health effects. Vol. 1. Ann. Arbor, Mich.: Ann. Arbor Science 1977.
- Jolley, R.L., 1978. Water chlorination: environmental impact and health effects. Vol. 2. Ann. Arbor, Mich.: Ann. Arbor Science, 1978.
- Jolley, R.L., G. Jones, W.W. Pitt & J.E. Thompson, 1977a. Chlorination of organics in cooling waters and process effluents. In: Jolley, R.L., ed. Water chlorination Vol. 1, Ann. Arbor Science 1977, p. 105-138.
- Jonge, V.N. de, 1979. Abiotische gradienten in het Eems estuarium. BOEDE Publicaties en Verslagen 6: 7-15.
- Johnson, M.L., C.H. Fiscus, B.T. Ostensen & M.L. Barbour, 1966. Marine Mammals. In: N.J. Wilimovsky. Environment of the Cape Thompson region, Alaska. U.S. At energy Comm., Dir. Techn. Inf. Ext., Oak Ridge, Tenn.: 887-924.
- Kopperman, H.L., D.W. Kuehl, G.E. Glass, 1977. Chlorinated compounds found in waste treatment effluents and their capacity to bioaccumulate. In: Jolley, R.L. ed. Water Chlorination Vol., Ann. Arbor Science, 1977, p. 311-328.
- Kuipers, B.R., 1977. On the ecology of juvenile plaice on a tidal flat in the Wadden Sea. Neth J. Sea Res. 11: p.56-91.
- Lohmeyer, C., 1907. Übersicht der Fische des unteren Ems, Weser und Elbgebiets. Abh. Nat. Wiss. Ver. Bremen XIX: 149-180.
- Loosanoff, V.L. & F.D. Tommers, 1948. Effects of suspended silt and other substances on rate of feeding of oysters. Science 107 (2768): 69-70.
- Ludden, D.J.H., 1980. De primaire produktie van het phytoplankton in het Eems-Dollard estuarium. BOEDE, in druk.
- Ohlmeyer, 1980. Gastankerzufahrt Eemshaven (LNG), Modelversuche. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg: 19 pp.
- Peitzmeier, J., 1961. Die Brutvogelfauna der Nordseeinsel Borkum. Abhandl. Landesmuseum Naturk., Münster/Westf., 23: 1-39.

- Postma, H., 1961. Transport and accumulation of suspended matter in the Dutch Wadden Sea. Archs. Néerl. Zool. 10: p. 405-511.
- Prokosch, P., 1978. Ringelgans Rundbriefe 1-5. Kiel, 19 pp.
- Reijnders, P.J.H., 1976. The harbour seal (Phoca vitulina) population in the Dutch Wadden Sea: size and composition. - Neth. J. Sea Res. 10(2): 223-235.
- Reijnders, P.J.H., 1978a. Zeehonden. In: Eemsmund Grenzenloos. Stichting Werkgroep Eemsmund, Groningen, 55-59.
- Reijnders, P.J.H., 1978b. Recruitment in the harbour seal (Phoca vitulina) population in the Dutch Wadden Sea. - Neth. J. Sea Res. 12(2): 164-179.
- Reijnders, P.J.H., 1980. Management and conservation of the harbour seal, Phoca vitulina, population in the international Wadden Sea area. - Biol. Conserv. 18(4).
- Rijkswaterstaat, 1979. Die Anfuhr von Liquifield Natural Gas (LNG) zum Eemshaven. Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage, Groningen: 37 pp.
- Rijks Geologische Dienst, 1973. Geologisch onderzoek in de Eems. Haarlem, rapport 1125: 4 pp.
- Samu, Gy., 1979. Die morphologische Entwicklung der Aussenems vom Dukegat bis zur See. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg: 43 pp.
- Schoennagel, E., 1972. Die Vogelwelt der Nordsee insel Borkum im Lichte Säkularer Bestandsveränderungen. Ornithol. Mitt. 24: 135-152.
- Schubert, K., 1970. Ems und Jade. Die Küste 19: p. 29-67.
- Sherk, J.A., J.M. O'Connor & D.A. Neimann, 1975. - Effects of suspended and deposited sediments on estuarine environments. In: L.E. Cronin (ed.) - Estuarine Research, vol. 2: 541 - 558, Academic Press, New-York.
- Sikkema, C.P., 1976. Wadvogeltellingen bij de Eemsmund. Gestencild rapport, Groningen: 16 pp.
- Smit, C.J., 1977. On the occurrence of 32 bird species in the Danish, German and Dutch Wadden Sea. Unpubl. report International Wadden Sea Working Group. Part 2 & 3: 171 & 174 pp.
- Smit, C.J., 1980a. The importance of the Wadden Sea for shorebirds. In: (zie 1980b).
- Smit, C.J., 1980 b. Production of biomass by invertebrates and consumption by birds in the Dutch Wadden Sea area. In: C.J. Smit & W.J. Wolff (eds.), Birds of the Wadden Sea. Balkema (in press.).
- Staatsbosbeheer, afd. Natuurbehoud, Groningen, 1977. Verslag van de bewakingsweekenden Staatsbosbeheer. Voorjaar en zomer 1976, Rottumeroog/Rottumerplaat.
- Swennen, C., 1976. Wadden Seas are rare, hospitable and productive. In: M. Smart (ed.), Proceedings International Conf. on Conservation of wetlands and waterfowl, Heiligenhafen 1974, p. 184-198.
- Vosjan, J.H. & K.M. Olanczuk - Neyman, 1977. Vertical distribution of mineralisation processes in a tidal sediment. Neth. J. Sea Res. 11: 14-23.
- Vrins, A., 1978. De groei en populatiedichtheid van kokkels op enkele plaatsen in de Eems-Dollard. BOEDE publicaties en verslagen 1978-6: 70 pp.
- Wada, K., 1969. Sanriku-oki no ottosei no kaiyu ni tsuite. - Tokai-ku Suisan Kenkyusho Kenkyo Hokoku. 58: 19-82. (1971. Migration of northern fur seal seals along the coast of Sanriku. - Fish. Res. Bd. Can. Transl. Series no 1682).
- Werff, A. van der, 1960. Die Diatomeen des Dollart-Emsgebietes. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouw. Gen., Geol. Ser.19: p. 153-201.
- Witte, H.-H., 1970. Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln. Die Küste 19: p. 68-124.

- Wolff, W.J., A.M.M. v. Haperen, A.J.J. Sandee, H.J.M. Baptist & H.L.F. Saeijs, 1976. The trophic role of birds in the Grevelingen estuary, The Netherlands, as compared to their role in the saline Lake Grevelingen. Proc. 10th Eur. Symp. Mar. Biol., Ostend, Belgium, 1975, vol. 2: 673-689.
- Wolff, W.J., A.J.J. Sandee, L. de Wolf, 1977. The development of a benthic ecosystem. *Hydrobiologica*: 52, p. 107-117.
- Wong, G.T.F. & Davidson, J.A., 1977. The fate of chlorine in sea water, A preliminary review. *Water Res.* 11, 971-978.
- Zijlstra, J.J., 1978. The function of the Wadden Sea for the members of its fishfauna. In: N.Dankers et al. (eds.). *Fishes and fisheries of the Wadden Sea. Report 5 of the Wadden Sea Working Group.* Balkema, Rotterdam: p. 20-25.

BIJLAGE

Brief Rijkswaterstaat Directie Groningen van 9 september 1980.
De tekeningen nrs. 80.215 en 80.216 zoals genoemd in deze bijlage zijn niet bijgevoegd. In plaats daarvan kan figuur 12 gebruikt worden.

rijkswaterstaat

directie groningen

. Aan het Rijksinstituut voor
Natuurbeheer,
t.a.v. hr. N. Dankers,
Postbus 59,
Den Burg - Texel.

groningen, 09 SEP 1980

uw kenmerk: ND/RW

ons kenmerk: NX

6122

uw brief van: 10-4-1980

verzonden:

onderwerp:

bijlagen: nieuw: 5

LNG-aanlanding.
Ecologisch onderzoek.

Naar aanleiding van uw brief d.d. 10 april 1980, kenmerk ND/RW, waarin u een aantal vragen hebt geformuleerd met betrekking tot de ecologische gevolgen in het Eemsestuarium als gevolg van de baggerinspanning t.b.v. de aanlanding van LNG in de Eemshaven, bericht ik u als volgt.

Uitgangspunt bij de opstelling van uw vragen is geweest de voor de LNG-vaart benodigde geuldiepten zoals die zijn aangegeven door de N.V. Nederlandse Gasunie in haar User Requirements van april 1979. Deze waarden zijn gebruikt in het internationale overleg en zijn vervolgens weergegeven in het rapport van de Eemscommissie "Die Anfuhr von LNG zum Eemshaven" van 12 november 1979.

Bij de beantwoording van uw vragen hebben de gememo-reerde bodemdiepten als grondslag gediend.

- Nadien -

Nadien heeft de Gasunie enkele uitgangspunten rondom de minimaal vereiste bodemdiepten t.b.v. de vaart met LNGC's van de 125.000 m³ klasse met een maximaal laadvermogen van 133.000 m³ herbezien. Zo is het gelijktijdig voorkomen van diepgangsvermeerdering t.g.v. zware deining en een afwaaiing van 1,20 m, die statistisch gezien éénmaal in de 4 jaar voorkomt, niet meer meegenomen. Dit heeft in de herziene versie van de Gasunie User Requirements van 6 augustus 1980 geleid tot geringere benodigde bodemdiepten. Momenteel wordt in het internationale overleg uitgegaan van de huidige duitse onderhoudsdiepten in het traject Huibertgat-Horsborngat-Randselgat-Doekegat (zie bijgevoegde blatt 3, tek.nr. 80.217). De duitse onderhoudsdiepten bedragen in het gehele traject meer (1 tot enkele dm's) dan de voor de LNG-vaart benodigde diepten. Uiteraard heeft dit gevolgen voor het initiële baggerwerk. Op tek.nr. 80.218 is een overzicht gegeven van het initiële baggerwerk in de verschillende geulsecties en in de wachtplaatsen Borkum en Eemshaven. Er hebben zich enkele wijzigingen voorgedaan in de berekening van het initiële baggerwerk zoals is opgenomen in het rapport van de Eemskommissie en de berekening die heeft geresulteerd in de initiële baggerhoeveelheden die zijn vermeld op tek. nr. 80.218. Zo zijn de geulbreedten hier en daar gewijzigd, zijn de wachtplaatsen meegenomen en is in de laatste berekening rekening gehouden met een toeslagfactor per geulsectie voor het in rekening brengen van uitlevering, taluds, zijdelingse toestroming e.d. Op de tek. nrs. 80.215 en 80.216 is het tracé van de LNG-geul en de locaties van de ankerplaatsen aangegeven. De Meet- en Adviesdienst Delfzijl heeft een raming gemaakt van het onderhoudsbaggerwerk op basis van de in het rapport van de Eemskommissie vermelde geuldiepten. Op basis van deze raming is een schatting gemaakt van het onderhoudsbaggerwerk in de LNG-geul met de huidige duitse onderhoudsdiepten. In onderstaand schema is e.e.a. weergegeven.

Locatie	Rapport Eemskommissie			Huidige duitse onderhouds- diepten		
	Breed- te in m	Baggerwerk($\times 10^6 \text{ m}^3$)		Breed- te in m	Baggerwerk($\times 10^6 \text{ m}^3$)	
		Initieel	Onderhoud incl. duits onderhoud		Initieel	Onderhoud incl. duits onderhoud
Huibertgat	350	0,5	0,5	300	0,03	--
Horsborngat	350	--	0,4	300	--	0,35
Randselgat	350	0,8	0,55	300/ 350	1,2	0,50
Aanlooproute	400	1,0	0,3	400	1,1	0,3
Totaal		2,3	1,75		2,3	1,15

Uit het bovenstaande volgt dat het initiële baggerwerk door het thans in rekening brengen van toeslagfactoren vrijwel gelijk is gebleven (m^3 beuninhoud versus theoretisch te verwijderen m^3).

De beantwoording van uw 5 vragen zullen derhalve niet sterk wijzigen door de wijzigingen in de uitgangspunten.

Hieronder vindt u de beantwoording puntsgewijs weergegeven.

1. Het baggerwerk vindt gedurende het gehele jaar door plaats afhankelijk van de weersgesteldheid en de plaats waar gebaggerd moet worden.

Momenteel heeft de Duitse beheerder van het vaarwater permanent een eigen schip in de vaart. Incidenteel worden door aannemers pieken in het werk opgevangen. In verband met het weer ligt hierbij het accent in de zomermaanden.

2. Voor de samenstelling van het te baggeren sediment wordt verwezen naar het bijgevoegde rapport nr. 1125 "Geologisch onderzoek in de Eems". In combinatie met de tekeningen 80.215 en 80.216, waarin de plaatsen met initieel onderhoudsbaggerwerk staan vermeld kan hiermee de samenstelling van het te baggeren sediment worden bepaald.

Met betrekking tot de samenstelling van de overflow die in het estuarium terecht komt, moet volstaan worden met de verwachting dat dit tot fijnere frakties van het sediment beperkt zal blijven.

Naar de samenstelling van de overflow is tot nu toe nog geen onderzoek ingesteld.

3. De vraag naar de toename van de troebeling in de verschillende delen van het estuarium ten gevolge van baggerwerk kan helaas niet direct worden beantwoord. Hiervoor zou een uitgebreide meetcampagne inclusief een niet geringe inspanning aan advieswerk de aangewezen weg zijn.

Om toch enig inzicht te krijgen of er een relatie bestaat tussen het in de loop der jaren toegenomen zwevend stofgehalte en het in dezelfde periode verrichte baggerwerk in het Eems-Dollard-estuarium wordt door drs. V. de Jonge van het BOEDE-project momenteel nader onderzoek verricht. Dit zal echter niet binnen de eerder genoemde termijn afgerond kunnen worden.

4. Voorlopig dient aangenomen te worden dat de baggerspecie uit de LNG-geul gestort wordt overeenkomstig de huidige praktijk d.w.z. tot de NAP - 10 m. lijn ten noorden van de monding van de Westereems en ter plaatse van de Geldzak.

Met betrekking tot de vragen over de verdere verspreiding kan op grond van Duitse experimenten met radioactieve tracers de verwachting worden uitgesproken dat het gedeelte dat in suspensie zal blijven grotendeels ten noorden van de duitse Waddeneilanden zal worden afgevoerd.

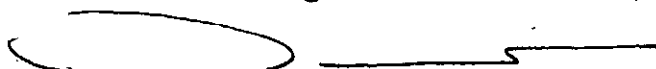
Verder wordt verwacht dat fysisch meetbare effecten zich tot een klein gebied zullen beperken.

Enige vorm van bewijsvoering is hier vooralsnog niet voor te leveren.

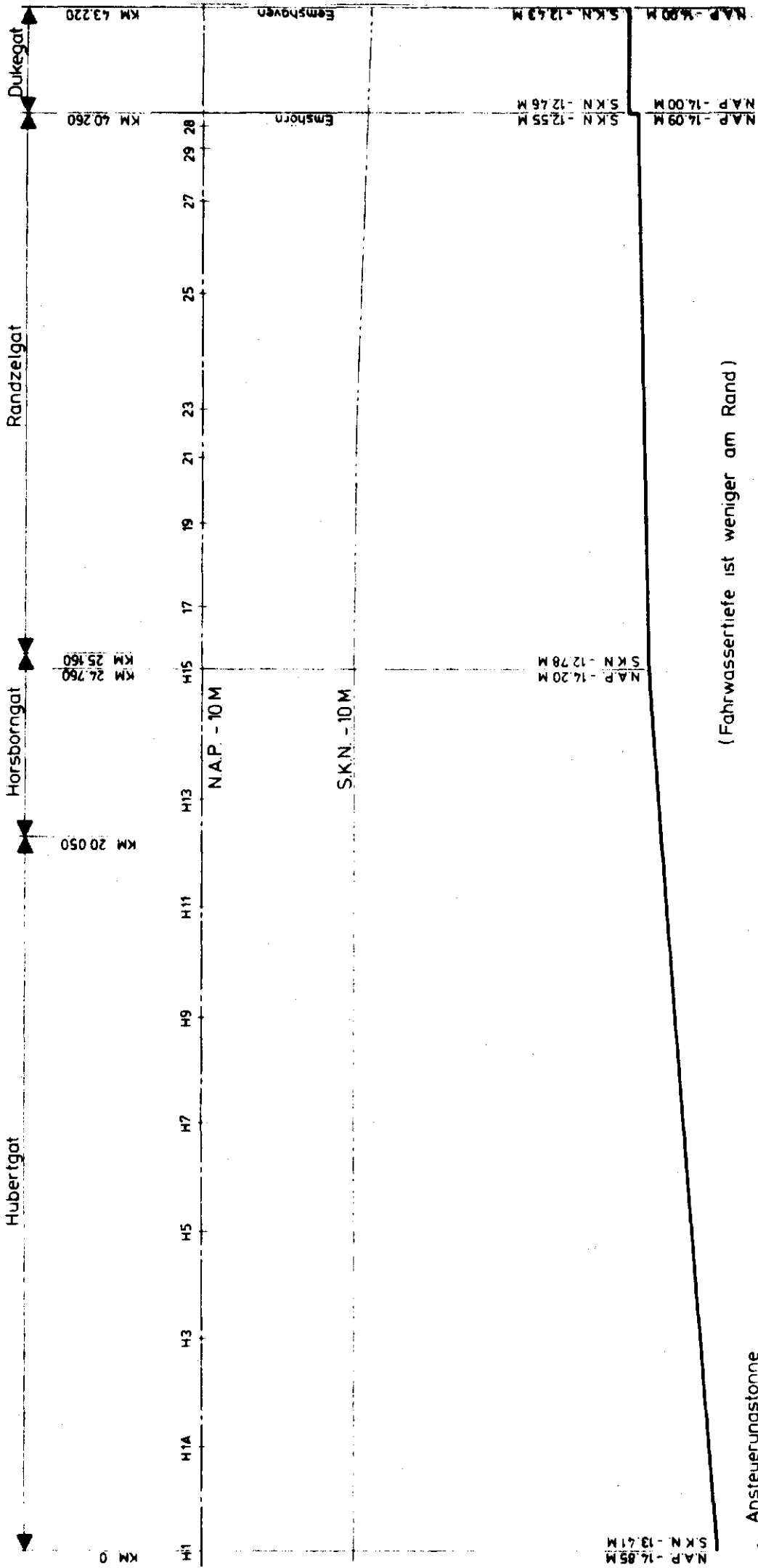
5. De baggerwerkzaamheden worden onafhankelijk van de getijfase uitgevoerd.

Hierbij is de verwachting dat de aanvangsverspreiding beperkt kan blijven indien de baggerwerkzaamheden (vooral de stortingen) uitsluitend tijdens stroomkentering plaatsvinden. De gevolgen zijn zonder verder onderzoek echter niet te kwantificeren.

De hoofdingenieur-directeur,



ir. D.W. Tuijten



RIJKSWATERSTAAT

DIRECTIE GRONINGEN
HOOFDAFDELING NX

Strecke Hubertgat - Dukegat

Blatt 3

Angestrebte Fahrrinnentiefe
der Sonderverkehrszone

Maßstab horizontal 1:150 000
vertikal 1:50

a1 nr 80 217

Ansteuerungstonne

Strecke	Vorratbaggerung in M	Tiefe mit Vorratbaggerung in M bzgl. N.A.P.	Sonderverkehrszone		Fahrrinne	
			Baggerfläche in M ²	Baggermenge in M ³	Baggerfläche in M ²	Baggermenge in M ³
H 1	0.30	-15.09 -15.05 -15.04	28.600 7.600 700	9.700 2.400 200		
H 11		-14.99 -14.93 -14.73	24.200 6.000 8.700	11.600 3.800 3.300		
Summa Hubertgat	0.30		75.800	31.000		
Bedarfswareplatz Alte Ems	0.50	-14.68	183.300	231.000		
21	0.50	-14.65 -14.64 -14.63	8.700 503.000 81.500 ■	4.800 774.600 91.300 ■		
		-14.62	15.600	11.100		
		-14.62	14.700	12.200		
		-14.62	9.300	9.200		
		-10.60	3.300	2.400		
28 - 30		-10.60 -14.60 -14.59	89.000 119.000 ■	129.100 138.000 ■	42.000	42.000
Summa Randzelgat	0.50		844.100	1.172.700	42.000	42.000
28 - 30	0.50	-14.50 -10.60	85.000	132.600	58.500	63.800
Eemshaven		14.50	496.500	928.500		
Summa Dukegat	0.50		581.500	1.061.100	58.500	63.800
Bedarfswareplatz Eemshaven	0.50	-14.90	203.500	278.800		
die Gesamtsumme			1.888.200	2.774.600	100.500	105.800

■ = Unterhaltsbaggerstrecke der heutige Fahrrinne

RIJKSWATERSTAAT

DIRECTIE GRONINGEN
HOOFDAFD. LING. NX

Strecke Hubertgat - Dukegat

in 4 Blätter, Blatt 4

Baggerungen der
Entwurf-Fahrrinnen

a1 nr. 80.218